Entraînement à

Technique informatique

matériels et logiciel
(hardware et software)

L. ABRAHAM

5[e] édition
revue et augmentée

Exposés sous forme de
Questions-Réponses
couvrant le programme
du D.E.C.S.

CLET Editions BANQUE

Entraînement à

Collection dirigée par Philippe GUALINO
*Diplômé de l'Institut d'Etudes
Politiques de Paris*

Louis ABRAHAM
*Professeur à l'I.N.T.E.C. du
Conservatoire National des Arts et Métiers
Professeur d'Informatique à l'I.U.T. d'Orsay*

Technique informatique

matériels et logiciel
(hardware et software)

Tome 2 de « Entraînement à l'organisation comptable et mécanographique ».

Exposés sous forme de Questions-Réponses sur le programme du D.E.C.S.

5e édition
REVUE et AUGMENTÉE

CLET Editions Banque
27, boulevard de Port-Royal - 75013 PARIS

CHEZ LE MÊME ÉDITEUR

pour la préparation des examens de l'Expertise Comptable

— **Guide de l'Etudiant en Expertise Comptable** par J. MAILLER

Une édition annuelle pour donner à l'étudiant tous les renseignements les plus concrets et les plus utiles sur :

- *les études de l'Expertise Comptable;*
- *le « métier » d'Expert Comptable et l'organisation de la profession.*

— **Collection « Annales corrigées de l'Expertise Comptable »**

Dirigée par Jacky Mailler, cette collection donne, chaque année, les annales corrigées de tous les examens de l'Expertise Comptable :

- *C.P.E.C.F. - D.E.C.S. - D.E.C.*
- *Régime transitoire : D.E.C.S. - Certificats supérieurs.*

— **Collection « Préparation à »**

Des manuels de préparation à l'Expertise Comptable conformes aux programmes de nombreux examens dont ceux de l'Expertise Comptable :

- *C.P.E.C.F. - D.E.C.S. - D.E.C.*

— **Collection « Entraînement à »**

Des livres pour s'entraîner aux épreuves de l'examen : exercices et études de cas pour de nombreux examens dont ceux de l'Expertise Comptable :

- *C.P.E.C.F. - D.E.C.S. - D.E.C.*
- *Régime transitoire : D.E.C.S. - Certificats supérieurs.*

TOUS LES LIVRES DE COMPTABILITÉ INTÈGRENT MAINTENANT LE NOUVEAU PLAN COMPTABLE GÉNÉRAL (arrêté du 27 avril 1982).

I.S.B.N. 2-85354-022-7
5e édition : Janvier 1983

Présentation

Ce manuel comporte deux parties d'inégale importance consacrées :
— *l'une, aux matériels informatiques (Hardware);*
— *l'autre, au logiciel (Software).*

Il s'adresse principalement à trois catégories d'étudiants dont les besoins en la matière, sont très modulés :
— *les candidats au Certificat d'Etudes Comptables du D.E.C.S. (Régime 1963);*
— *les étudiants en sciences économiques et notamment ceux du Certificat Supérieur du Traitement des Données et Informations, du diplôme d'Expertise ou de Gestion Comptable ou de l'épreuve n° 10 du nouveau D.E.C.S.*
— *les futurs informaticiens des I. U. T. et des M. I. A. G.*

Pour le premier groupe de lecteurs, il constitue la suite du tome I les préparant à l'épreuve orale dite d'organisation comptable et mécanographique : « Entraînement à l'organisation comptable et mécanographique ».

Les deux parties dépassent les besoins de leur examen; tous les approfondissements négligeables à leur niveau sont, à cette fin, présentés en caractères typographiques italiques.

Les étudiants non informaticiens y trouveront quant à eux l'ensemble des informations qu'ils doivent bien connaître (les développements de la première partie sont un peu surabondants; ceux de la deuxième, un peu insuffisants).

Enfin, pour les futurs informaticiens, l'ensemble des exposés de la première partie est à considérer comme le minimum technique nécessaire à acquérir. La deuxième partie ne saurait être qu'une introduction à des cours plus spécialisés d'analyse, de méthodologie, d'algorithmique, de langages de programmation et de « Système » en rapport avec un matériel précis.

De toute façon, nous nous sommes efforcés de ne pas trop approfondir l'étude de la « circuiterie des machines » pensant nous adresser à de futurs gestionnaires utilisateurs de l'informatique et non à des électroniciens. Au contraire même, nous n'avons pas hésité à faire quelques simplifications que ces derniers trouveront peut-être abusives. Qu'ils veuillent bien n'y voir qu'un souci didactique.

L. ABRAHAM

Avant-propos de la 5e édition

1) Les matériels informatiques connaissent une évolution forcenée.

Le nombre de fabricants dépasse largement la centaine (au plan mondial, y compris les périphériques compatibles).

Chacun d'eux présente chaque année plusieurs nouveautés plus ou moins révolutionnaires.

C'est dire si la mise à jour exhaustive d'un ouvrage de technologie informatique relève de la gageure. Cette édition est donc périmée avant que son manuscrit ne soit transformé en produit vendable !

Heureusement, nous nous sommes limités à des ordres de grandeur et toutes les nouveautés annoncées vont dans le sens de l'amélioration des ratios prix-performances ce qui ne saurait donc causer de mauvaises surprises.

Il n'a pas été non plus possible de respecter les termes définis par l'arrêté du 22 décembre 1981 fournis en annexe, pages 269 et suivantes.

2) L'informatique dans le Nouveau programme du D.E.C.S.

Un décret en date du 12 mai 1981 a profondément modifié les conditions d'obtention du diplôme d'expertise comptable et notamment celles du Diplôme d'Etudes Comptables Supérieures.

Ce dernier s'obtiendra désormais par capitalisation d'Unités de Valeur, au nombre de seize, réparties en trois groupes :

5 de « premier niveau » (Bac + 2),
8 de deuxième et troisième niveaux (Bac + 4),
3 de « synthèses finales » (Etudes de cas et Grand Oral).

Deux de ces U.V. (N° 3 et N° 10) dites « Méthodes Quantitatives » I et II comportent une part d'informatique (respectivement 1/3 et 1/12) qui devrait en outre « influer » sur une des études de cas (1).

Le programme de l'épreuve n° 3 a fait l'objet d'un livre paru dans la collection « Préparation à » (Le traitement des données au C.P.E.C.F. par Louis ABRAHAM).

Celui de l'épreuve n° 10 correspond au présent manuel pour toute la partie Technologie. Les compléments méthodologiques seront trouvés dans nos ouvrages d'analyse (analyse fonctionnelle et analyse organique) parus dans la collection « Entraînement à », sauf pour l'enseignement d'un langage de programmation.

(1) Voir le programme de ces différentes épreuves ainsi que le règlement complet des examens, dans le livre : GUIDE DE L'ÉTUDIANT EN EXPERTISE COMPTABLE par Jacky MAILLER, paru chez le même éditeur.

Sommaire

Présentation 3

Avant-propos 4

Première partie : LES MATÉRIELS

1 - DÉFINITIONS et HISTORIQUE 8

14 énoncés sur la définition de l'Académie, Matériel et logiciel, Informatique scientifique ou de gestion, Historique et générations, Systémique, etc.

2 - POURQUOI L'ÉLECTRONIQUE ? CONSÉQUENCES MATHÉMATIQUES 14

14 énoncés sur l'inertie des matériels mécaniques, la rapidité des électrons, l'utilisation analogique ou digitale du courant, l'abandon de la numération décimale, les principes d'un système de numération : le binaire et ses dérivés, les opérations en binaire, etc.

3 - PRINCIPES PHYSIQUES APPLIQUÉS par les MATÉRIELS INFORMATIQUES 27

21 énoncés sur la logique, l'algèbre de BOOLE, la théorie des ensembles, les fonctions logiques, la matérialisation des circuits logiques, le transistor, les mémoires électroniques ou magnétiques, l'induction électromagnétique, etc.

4 - LES ORDINATEURS : DESCRIPTION GÉNÉRALE - LES MODES DE TRAITEMENT.... 41

16 énoncés sur les fonctions assurées, l'unité centrale, les éléments périphériques, les mémoires auxiliaires, les différentes catégories d'ordinateur, les quatre générations, les modes de traitement : multiprogrammation, batch processing, traitements en temps réel, conversationnel, transactionnel, en temps partagé, etc.

5 - L'UNITÉ CENTRALE DE L'ORDINATEUR CLASSIQUE........ 59

26 énoncés sur la composition de l'unité centrale, la mémoire centrale, le processeur, l'unité arithmétique et logique, les circuits logiques, les deux types d'additionneurs, le bloc de commande, les registres, les bascules bistables, découpage de la mémoire, machines à mots, machines à octets, mémoires monolithiques ou à tores de ferrite, organisation et fabrication des mémoires, canaux simples et multiples, le bus, etc.

6 - LES ÉLÉMENTS PÉRIPHÉRIQUES D'ENTRÉE (INput Units) 83

25 énoncés sur les supports bivalents ou spécifiques, les cartes perforées, les documents marqués, les CMC7, la lecture optique, les badges, le ruban perforé, les bandes magnétiques, les disques souples, les claviers, le télétraitement, etc.

7 - LES ÉLÉMENTS PÉRIPHÉRIQUES DE SORTIE DES RÉSULTATS........ 114

17 énoncés sur les imprimantes : leur vitesse et caractéristiques d'impression, les papiers en continu, les machines à écrire connectables, les écrans, les tables traçantes, les réponses vocales, les perforateurs, les enregistreurs magnétiques, etc.

8 - LES MÉMOIRES AUXILIAIRES DE L'ORDINATEUR 132
18 énoncés sur l'intérêt des mémoires auxiliaires, les accès séquentiel ou sélectif, les fichiers de cartes, les bandes magnétiques, les tambours, les disques fixes, amovibles; les feuillets ou cartouches magnétiques; l'organisation des fichiers; etc.

9 - PROGRAMMATION ET FONCTIONNEMENT DE L'UNITÉ CENTRALE 156
22 énoncés sur le programme enregistré en langage machine ou binaire, les instructions, les types d'opération, le nombre d'adresses, la longueur des instructions fixe ou variable, le découpage de la mémoire, les codes formats, les catégories d'instructions, les branchements logiques, le chargement des programmes, la décodification et l'exécution séquentielles des instructions, le compteur ordinal; les registres d'instructions, de calcul, spécialisés; la multiprogrammation, etc.

Deuxième partie : LE LOGICIEL

10 - LES LANGAGES DE PROGRAMMATION 184
21 énoncés sur l'abandon du langage-machine, les langages autocodeurs ou assembleurs, générés GAP ou RPG, orientés application, FORTRAN, COBOL, PL1, ALGOL, BASIC, APL, spécialisés pour base de données, les langages d'analyse, les packages ou progiciels, etc.

11 - LE LOGICIEL DU CONSTRUCTEUR - LES SYSTÈMES D'EXPLOITATION (software et O.S.) 204
16 énoncés sur le software du constructeur, les programmes utilitaires, l'I.O.C.S., les compilateurs, les systèmes d'exploitation en monoprogrammation, multiprogrammation, mémoire virtuelle, télétraitement, etc.

12 - PRÉPARATION DE LA PROGRAMMATION - LES ANALYSES INFORMATIQUES 218
18 énoncés sur les différentes phases d'une informatisation : l'étude d'opportunité, l'analyse fonctionnelle, le cahier des charges, le choix des matériels, l'analyse organique, l'organisation des fichiers, le découpage en Unités de traitement, les algorigrammes ou ordinogrammes, le codage des feuilles de programmes, la perforation des cartes programmes, la compilation, la rectification des erreurs de syntaxe, des erreurs logiques, la programmation structurée, etc.

13 - ENVIRONNEMENT DE L'ORDINATEUR - MANAGEMENT et PERSONNELS 232
9 énoncés sur l'implantation des divers locaux, la climatisation, les fournitures, les matériels annexes pour la saisie, le façonnage et l'expédition des imprimés, les personnels informaticiens : concepteur, analyste fonctionnel, organique ou analyste-programmeur, homme-système, codifieur, perforeur, opérateur, pupitreur, contrôleur, relieur ou massicotier, les personnels d'encadrement et de maintenance, la formation des informaticiens, etc.

14 - DOUBLE ÉVOLUTION de l'INFORMATIQUE 241
14 énoncés sur la téléinformatique : les terminaux, les modems, les lignes, les réseaux, les contraintes tarifaires, télex, réseau commuté, lignes louées, Caducée, Transplex, Transpac; l'informatique répartie, conviviale, distribuée, les miniordinateurs, les terminaux lourds, les bases de données, et les micro-ordinateurs.

15 - RENTABILITÉ ET CONCLUSIONS 255
16 énoncés sur le coût des matériels loués ou achetés, celui de la saisie, des personnels, des études, des frais d'installation, la rentabilité indirecte de l'informatique par l'amélioration et la rationnalisation de la gestion, l'informatique décisionnelle et prospective, etc.

Annexe : Vocabulaire « officiel » de l'informatique 269

Première partie

Les matériels

1 Définitions et historique

Enoncé 1

Qu'est-ce que l'informatique ?

Eléments de corrigé

C'est un néologisme qui recouvre une activité plus ancienne. On employait précédemment les termes de «*Traitement automatique de l'information*» voir plus simplement «*mécanographie*» (avec ou sans cartes perforées).

Enoncé 2

D'où vient ce nom ?

Eléments de corrigé

Probablement d'une contraction d'information et d'automatique. Il semble avoir été employé pour la première fois en 1962 par Ph. DREYFUS. Il a tout de suite connu un grand succès, sans doute grâce à son dérivé «informaticien» qui a permis de distinguer ses spécialistes de façon plus flatteuse que par le terme vieillot de mécanographes.

Notez que les pays anglo-saxons en sont restés aux sigles A.D.P. ou E.D.P. (Electronic Data Processing) sans substantif précis pour leurs informaticiens.

Enoncé 3

Définition officielle de l'informatique

Eléments de corrigé

Il est symptomatique de souligner que dès 1966 l'Académie Française considéra l'informatique comme «la science du traitement rationnel, notamment par machines automatiques, de l'information considérée

comme le support des connaissances humaines et des communications, dans les domaines technique, économique et social ».

Enoncé 4

Commentaires sur la définition de l'académie

Eléments de corrigé

En plus concis et moins élégant, on peut donc dire que l'informatique est la science du traitement automatique de l'information.

« Science » est sans doute un peu exagéré actuellement ; il s'agit plutôt d'un ensemble de techniques et de recettes assez souvent empiriques.

« Traitement » doit se prendre au sens le plus large possible et ne pas se limiter aux seuls calculs arithmétiques. Toutes les manipulations, mémorisations, classements ou recherches d'informations même purement alphabétiques ont toujours fait l'objet du traitement de l'information ou de la mécanographie à cartes perforées.

« Automatique » s'applique à des machines rapides et puissantes mais surtout programmables (si possible aisément) ; actuellement elles correspondent surtout aux ordinateurs (avec de nombreuses nuances).

« Information » doit ête distinguée de son homonyme journalistique. Le côté utilitaire de l'information traitée est évident. Le traitement aboutit à des synthèses ou résultats qui seront toujours à la base de prise de décisions ou serviront de preuves juridiques ou fiscales.

Enoncé 5

Matériel et logiciel (hardware et software).

Eléments de corrigé

Le succès de ces deux termes, surtout dans leur version anglo-saxonne, s'accorde parfaitement avec notre définition de matériels *programmables.* Le logiciel caractérise l'ensemble des travaux intellectuels de conception, d'écriture ou de fourniture des divers programmes indispensables au fonctionnement du matériel inerte. Les deux termes américains rendent bien par leur nuance argotique cette distinction fondamentale : d'une part le HARDWARE (marchandise dure, brute, la quincaillerie) et de l'autre : le SOFTWARE (la marchandise molle, abstraite, la matière grise) représentée par la programmation.

Nous verrons que l'on emploie aujourd'hui le terme imagé de FIRMWARE (ferme, ni dur, ni mou !) pour désigner certains éléments de programmes câblés ou « non modifiables » !

Enoncé 6

Les limites de l'informatique.

Eléments de corrigé

Malgré toutes les mises au point précédentes, il reste un certain flou dans les limites du domaine informatique, notamment par rapport aux termes voisins de mécanographie, bureautique ou ordinatique.

Il semble que l'on devrait réserver le terme de mécanographie à des machines limitées aux seuls calculs et impression (comme les facturières ou machines comptables) même si elles sont électroniques. La bureautique rassemblerait tous les matériels permettant une automatisation des tâches de bureau (office automation) mais de façon assez parcellaire.

L'informatique supposerait le traitement plus intégré des informations sur des matériels plus polyvalents, *facilement programmables* et pouvant traiter de volumineux *fichiers.*

Ordinatique est souvent pris dans un sens un peu péjoratif, comme si l'on y considérait l'ordinateur comme une fin en soi et le but de l'informatisation comme l'utilisation *maximale* et prioritaire de la machine. Cette façon de voir était indiscutable dans les années 60 mais depuis le coût des matériels a baissé considérablement (de 30 % par an de façon régulière) et le chômage d'un ordinateur moyen n'est souvent pas plus coûteux aujourd'hui que celui d'autres matériels indispensables de l'entreprise (autocar, standard téléphonique, équipement de la cantine) qui ne sauraient être utilisés à 100 %.

Enoncé 7

Les deux types d'informatique.

Eléments de corrigé

Il faut encore distinguer informatique de gestion et informatique scientifique voire industrielle.

Pendant très longtemps cette distinction s'appuyait sur des différences très sensibles au niveau des matériels. Il existait des ordinateurs scientifiques et des ordinateurs de gestion. La tendance actuelle est à la banalisation; on parle de plus en plus d'ordinateurs universels dont la modularité des éléments périphériques notamment, permet toutes les adaptations.

Toutefois, la distinction s'impose toujours car les problèmes à résoudre restent différents et surtout la « culture » des deux types d'utilisateurs est radicalement distincte.

En informatique scientifique, les calculs jouent un rôle prépondérant. De longues chaînes de formules complexes fournissent quelques lignes de résultats voire une courbe ou un graphique. En informatique de gestion, les calculs sont simplistes mais les fichiers et résultats volumineux et à présenter sur des imprimés aux caractéristiques contraignantes (factures, bulletins de paie, etc...).

Sutout le gestionnaire de formation juridique et comptable, répugne à la formulation trop hermétique qui fait la joie de l'ingénieur mathématicien. L'informaticien ne peut prétendre aux cumuls des trois formations (y compris celle de l'ordinatique). Il suffit d'ailleurs de souligner l'existence de langages de programmation utilisables sur *n'importe quelle machine* mais *spécialisée* soit pour la gestion (COBOL) ou le laboratoire (FORTRAN).

Enoncé 8

Historique des matériels informatiques.

Eléments de corrigé

Dans le tome 1 (a), nous avons déjà évoqué l'invention des machines à cartes perforées en 1885 par HOLLERITH et ses continuateurs POWERS et BULL (1924). C'est dans ces ateliers de machines à cartes perforées qu'ont été commercialisés les premiers calculateurs électroniques dès 1950. Ils n'étaient toutefois que des « prolongements électroniques » de ces machines mécanographiques dont ils conservaient le système de programmation limité, dit « affiché sur tableau de connexions ».

Une autre origine peut aussi être invoquée pour les matériels actuels : celle encore plus ancienne d'engins de calcul programmables. C'est l'anglais BABBAGE qui conçut *en 1850* le premier calculateur programmable (Analytical Engine) mais la technologie de l'époque, uniquement mécanique, ne permit pas de le faire fonctionner. Ce n'est que pendant la dernière guerre que le professeur AIKEN à l'université d'HARVARD mis au point le premier calculateur entièrement automatique sous le nom de MARK 1.

Contrairement à une idée fort répandue, il n'était pas électronique mais seulement électro-magnétique, (avec des relais et des totalisateurs). Ce n'est qu'en 1946 que le prototype E.N.I.A.C. (Electric Numérical Integrator and Computer) inaugura l'emploi des circuits de calcul *électroniques* et celui de la *numération binaire* à l'université de Pennsylvanie. Toujours programmable par tableaux de connexions, il pesait 30 tonnes et fut suivi de l'EDVAC un peu moins encombrant.

*On peut soutenir que c'est TURING en Angleterre qui fit le premier calculateur à **programme enregistré** appelé MADAM (Manchester Automatic Digital Machine).*

*Toutefois, c'est la Société UNIVAC qui commercialisa le premier ancêtre de **l'ordinateur,** ce mot ayant été inventé un peu plus tard en FRANCE par J. PERRET à la demande d'I.B.M. (Aux U.S.A., on dit toujours « computer »).*

(a) Entraînement à l'organisation comptable et mécanographique par L. Abraham - CLET - Editions Banque.

D'autres noms méritent d'être cités comme ECKERT, MAUCHLY (pères de l'ENIAC) mais surtout RACHJMANN qui inventa les mémoires à tores de ferrite, von NEUMANN, père de la programmation séquentielle, BERDEEN et SHOCKLEY, créateurs du transistor. Signalons en France, L. COUFFIGNAL, B. LECLERC, H. FEISSEL et P. CHENU.

Enoncé 9

Les générations d'ordinateurs

Eléments de corrigé

En moins de trente ans les progrès informatiques ont été extraordinaires à tel point que l'on a pu (rétrospectivement) distinguer quatre générations d'ordinateurs présentant des caractéristiques suffisamment spécifiques pour marquer leur époque.

On distingue traditionnellement :

— la première génération avant 1958,
— la deuxième de 1958 à 1964 environ,
— la troisième à partir de 1964,
— la quatrième génération est constituée par les ordinateurs les plus récents (depuis 1972) mais le côté publicitaire de cette « notion de génération » ne fait plus recette et les constructeurs évitent désormais de l'employer.

Il serait prématuré d'essayer de dégager les caractéristiques de ces générations. Nous y reviendrons au chapitre 4.

Enoncé 10

La notion de système.

Eléments de corrigé

La mode est à l'emploi du mot système.

Dans son sens le plus banal, un système est un ensemble de matériels et processus qui concourrent à l'obtention d'un même résultat.

Dans ce sens courant nous avons déjà rencontré le « système à cartes perforées » qui nécessitait bien la combinaison de 5 ou 6 machines distinctes dans des conditions d'enchaînement précises symbolisées par un organigramme.

Dans le même sens, il vaut mieux parler de système informatique plutôt que d'ordinateur. Ce faisant, on ajoute à la notion de matériel ou hardware (dont l'ordinateur classique ne peut être qu'un des composants d'ailleurs, notamment en télétraitement), celle de logiciel ou software caractérisant tous les programmes fournis par le constructeur ou écrits par l'utilisateur. On devrait même y inclure les matériels ou fonctions complémentaires en amont et en aval de l'ordinateur comme la saisie et le codage des informations ou le façonnage des états (déliassage, décarbonage).

Enoncé 11

La systémique ou systématique.

Eléments de corrigé

On peut donner de la notion de système des définitions plus scientifiques.

« Un système est un ensemble d'éléments liés par un ensemble de relations »

ou encore

« La notion de système traduit une volonté d'atteindre des *objectifs* précis en utilisant des *procédés* et des *techniques* et en respectant une *méthodologie*. » Le système sera d'autant plus efficace que la méthode sera plus rigoureuse, les techniques plus approfondies et les redressements d'erreurs plus immédiats.

C'est cette dernière notion d'auto-régulation qui est en fait la plus prometteuse et intéressante et qui justifie le développement de cette nouvelle science.

L'exemple banal d'un système de chauffage central est très démonstratif à cet égard. Le rôle joué par un ou plusieurs thermostats permettant de déclencher le brûleur ou d'accélérer la circulation d'eau pour maintenir la température souhaitée est tout à fait caractéristique de cette auto-régulation par rétroaction ou « feed-back ». Il souligne aussi les limites et difficultés d'un tel système. Les habitants des différentes pièces n'ont sans doute pas tous les mêmes besoins de chaleur, ni les pièces, les mêmes volumes ou conditions d'exposition climatique, etc...

Enoncé 12

Système et cybernétique

Eléments de corrige

La cybernétique « inventée » par Norbert WIENER, peut être définie comme la science relative aux communications et aux régulations dans tout ensemble organisé : être vivant, machine complexe ou entreprise. Cet ensemble constitue un *système*. Matériellement, il comportera plusieurs éléments pouvant prendre plusieurs états. Plus subjectivement, on dira que c'est un ensemble de *variables* pouvant prendre différentes valeurs.

Ces états ou ces valeurs doivent réaliser un équilibre permanent. N. WIENER a ainsi réalisé des « homéostats » (notamment des tortues électroniques) qui se contrôlent eux-mêmes efficacement.

En fait les objectifs de la cybernétique sont beaucoup plus ambitieux. Cette science étudie les *rapports* entre les systèmes vivants et les systèmes mécaniques ou électroniques. On emploie aussi le terme de bionique.

Enoncé 13

Systématique et entreprise

Eléments de corrigé

*Une entreprise constitue généralement un **système de production** en relation avec l'extérieur dont il reçoit des matières premières (Entrées) et auquel il livre des produits finis (Sorties).*

*Ce système est « **piloté** » par sa direction qui donne les ordres et précise les objectifs (variables d'action). Les résultats sont contrôlés par un « tableau de bord » comptable qui devrait réagir immédiatement par un « régulateur » en cas de résultats anormaux. C'est ce que l'on appelle le « feed-back » devant déclencher de nouvelles actions, automatiquement ou presque, en tout cas **sans intervention** du pilote (figure 1.1.).*

Enoncé 14

Systématique et informatique

Eléments de corrigé

On devine facilement la place que peut prendre l'informatique dans le « système-entreprise » précédent. Elle doit fournir rapidement le meilleur tableau de bord possible. Mais il est possible d'essayer d'aller plus loin en lui confiant le maximum de régulation automatique (M.I.S. Management Information System). Il faut reconnaître que les réalisations pratiques à ce sujet sont encore assez rares.

Plus exactement, elles sont restées partielles mais illustrent parfaitement les possibilités en cette matière. Ainsi, il est aujourd'hui facile de réaliser un système de gestion automatique de stocks sur ordinateur en fournissant à la machine les *formules* lui permettant de calculer des niveaux de stocks minima et maxima. Le système déclenchera alors en *temps opportun* les commandes de réapprovisionnement en ayant tenu compte du maximum de paramètres utiles (ventes récentes, saison, etc...).

Le sigle « M.I.S. » est d'ailleurs plus modestement remplacé par celui d'A.D.O. ou D.A.O. : Aide à la Décision ou Décision Assistée par Ordinateur.

D'autre part le service informatique peut lui aussi être considéré comme un système au sens plus complet que nous avons essayé de préciser.

On retrouve, en effet, un système de production (le processeur de l'unité centrale), les entrées et sorties (divers supports et périphériques) et le pilotage sous forme de programmes. Le tableau de bord (contrôles, planning) et la régulation (redressement d'erreurs, reprise de travaux) y sont encore conçus sous forme assez traditionnelle bien que des procédures de contrôles et de redressements automatiques se développent de plus en plus.

Il faut toutefois bien insister sur les limites de ce « système d'informations ». Notamment les entrées peuvent nécessiter une organisation très approfondie en amont de l'ordinateur (saisie, collecte, codification) et les sorties doivent être interprétées et exploitées humainement.

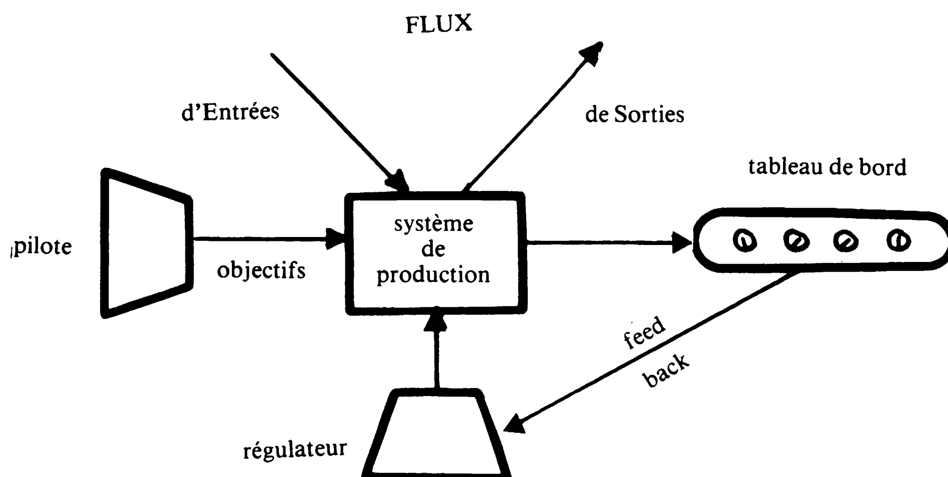


Figure 1.1 - L'Entreprise - Système.

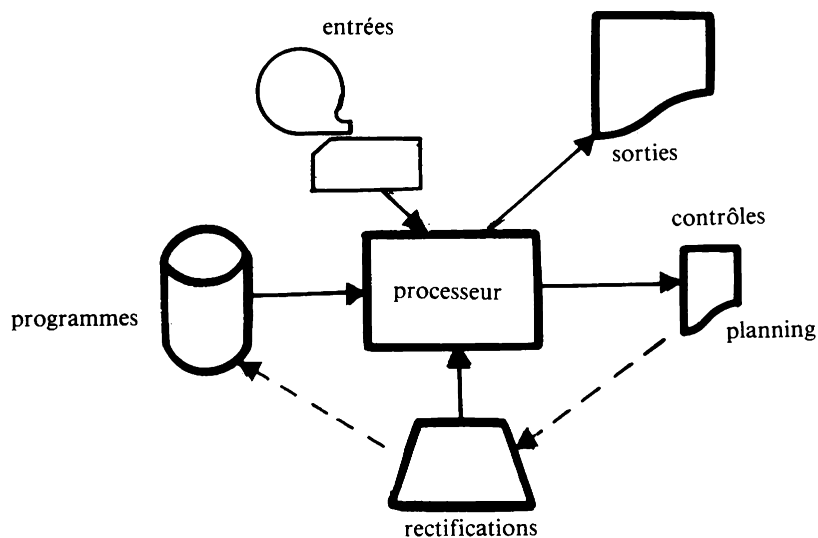


Figure 1.2 - Le Système Informatique.

2 Pourquoi l'électronique ? Conséquences mathématiques

Avant d'étudier en détail les divers types d'ordinateurs, il convient de comprendre les raisons de la généralisation du calcul électronique et de la numération binaire.

Ce chapitre comportera des développements beaucoup trop poussés pour les besoins de l'examen du D.E.C.S. Les énoncés en cause apparaîtront en caractères italiques. D'autre part, les lecteurs du tome 1 découvriront sans doute quelques répétitions qu'ils voudront bien excuser.

Enoncé 1

Les lenteurs du calcul mécanique.

Eléments de corrigé

Un totalisateur mécanique est constitué de roues dentées dont les positionnements relatifs symbolisent les chiffres enregistrés. Chaque roue comporte dix dents parce que tout naturellement, le calcul mécanique utilise la numération décimale à dix chiffres.

Ces roues sont donc embrayées et débrayées de façon incessante pour additionner ou soustraire (rotation en sens inverse) notamment dans les cas de multiplication et de division qui s'effectuent selon un algorithme plus élémentaire que celui utilisé par les humains (additions successives).

Les lois de la mécanique nous apprennent que tout mobile est soumis à la «*force d'inertie*» qui s'oppose à tout déplacement si le mobile est à l'arrêt, ou au contraire, tend à *prolonger* celui-ci en cas de freinage. Les conducteurs de voiture en font chaque jour la triste expérience. Les roues de totalisateurs subissent cette même loi et ne peuvent dépasser un nombre maximum d'embrayages-débrayages (E.D.). Au delà de 300 « E.D. » à la minutes, les résultats ne sont plus fiables et les dents risquent de casser !

Enoncé 2

Cette lenteur est-elle toujours gênante ?

Eléments de corrigé

Tant que les machines à calculer sont alimentées par implantation des données sur un clavier, leur vitesse de fonctionnement, bien supérieure à celle de la frappe de l'utilisateur humain, ne peut être gênante que pour les opérations itératives ou répétitives comme la multiplication et surtout la division (voir tome 1).

Dès que ces données sont fournies par un support d'informations lu mécaniquement (cartes ou rubans perforés, bandes magnétiques etc...) le totalisateur ne peut plus suivre; la vitesse minimale de ces lecteurs est en effet de l'ordre de quelques centaines de caractères par *seconde* au minimum. Le calcul mécanique est donc ainsi apparu comme le principal facteur de ralentissement sur les matériels de traitement de l'information non électroniques, à cartes perforées notamment.

Enoncé 3

Un domaine sans inertie : l'électronique.

Eléments de corrigé

Depuis le début du siècle, nous utilisons des techniques pour lesquelles la force d'inertie mécanique est sinon inexistante, du moins négligeable. Elles appartiennent au domaine de l'électronique appliquée aux télétransmissions. Que ce soit pour la radio, la télévision ou le téléphone, le «courant électronique porteur de messages» fonctionne à des vitesses voisines de celle de la lumière (l'emploi d'ondes ou de fils conducteurs ne changeant rien à l'affaire). De là à envisager d'employer les mêmes techniques pour le transfert des données numériques et simuler des calculs arithmétiques, il n'y avait qu'un pas de géant, car on a mis près de cinquante ans à le franchir !

En effet, en télétransmission le courant est utilisé d'une façon assez rudimentaire, dite analogique, qui ne pouvait convenir au traitement des nombres.

Enoncé 4

L'utilisation analogique d'un courant d'électrons.

Eléments de corrigé

Examinons le fonctionnement du téléphone. Les ondes sonores émises par la voix humaine font vibrer la membrane ultrasensible d'un microphone. Ces vibrations «proportionnelles» aux ondes sonores sont amplifiées et transformées en modulations électriques d'un courant porteur (modulation d'amplitude généralement). A l'autre bout du fil les modulations sont transformées en vibrations mécaniques de la membrane d'un haut parleur. Ces vibrations *analogues* à celles du microphone doivent reconstituer les mêmes ondes sonores dans l'écouteur. La vitesse de déplacement du courant est telle que le décalage entre l'émission et la réception est imperceptible même sur de très grandes distances.

Ce mode d'utilisation d'un courant porteur est dit *analogique* car directement proportionnel aux variations *d'un phénomène physique continu,* ici, les ondes sonores émises par la voix humaine (Fig. 2.1.).

Enoncé 5

L'utilisation digitale du courant.

Eléments de corrigé

Ce mode d'utilisation analogique pour véhiculer des nombres ne pouvait convenir. Les chiffres représentant ces nombres sont successifs et ne sauraient être symbolisés par des variations physiques continues.

Figure 2.1 - Utilisation « analogique » (en continu) du courant.

Figure 2.2 - Utilisation digitale du courant par « Tout ou rien ».

Figure 2.3 - Utilisation digitale de la Polarité du courant.

Il faut les transformer en impulsions « discrètes » ou « séparées ». On parle alors *d'utilisation digitale*[1] *ou* impulsionnelle du courant.

Mais chaque impulsion devrait pouvoir représenter un des dix chiffres possibles et donc prendre une valeur électrique (intensité ou voltage) proportionnelle au chiffre ainsi symbolisé. Il en résulterait un appareillage de mesures assez complexe très sensibles aux moindres altérations parasitaires.

Tous les essais tentés dans ce sens n'ont jamais abouti à aucune réalisation commerciale.

Il a fallu se résigner à *l'abandon du système* de numération décimale pour un système plus simple ne nécessitant *plus que deux chiffres.* C'est le *binaire* avec ses *seuls zéros ou uns* qu'il est dès lors très facile de représenter par la *présence ou l'absence* d'une impulsion dont la valeur électrique peut n'être que très approximative (au-dessus d'un seuil de détection éliminant les parasites). La transmission doit être synchronisée par un « rythmeur » qui signale les moments où une impulsion peut se présenter. (fig. 2.2.);

On peut aussi jouer sur la polarité du courant avec une synchronisation moins rigoureuse, les impulsions positives symbolisant les 1 et les négatives les zéros, ou l'inverse (Fig. 2.3.).

Les circuits de transmissions et de calculs deviennent alors très simples, l'incidence des parasites négligeables et la vitesse de défilement des impulsions voisine de celle de la lumière.

Toutes les machines électroniques fonctionnent donc dans ce système de numération binaire qu'il faut maintenant démythifier.

Enoncé 6

La notion de « nombre » et de système de numération.

Eléments de corrigé

La notion de nombre est abstraite. Ne doit-on pas apprendre à compter aux jeunes enfants en essayant de la concrétiser par des bâtons ? Certaines langues primitives n'ont pas de mots pour l'exprimer; au delà de deux ou trois, on dit simplement plusieurs ou beaucoup.

Pour exprimer un nombre quelconque, on a dû imaginer un système de numération qui comporte une base et des symboles appelés chiffres. Nous sommes tellement habitués au système de numération décimal qu'il nous est difficile d'imaginer qu'il puisse en exister d'autres ou, surtout, qu'ils présentent un quelconque intérêt.

Dans ce système la base a la valeur DIX et nécessite donc DIX symboles ou chiffres pour représenter les valeurs « inférieures » (y compris le zéro).

N'importe quelle valeur peut servir de base à un système de numération. Elle s'écrira toujours 10 mais pourra se prononcer différemment (douze ou huit ou deux). Surtout, le *nombre* de chiffres nécessaires restera égal à *cette valeur* et c'est le plus important à remarquer.

Ainsi en numération octale, il ne faudra plus que huit chiffres (0 à 7); cinq en quinaire (0 à 4) deux en binaire (0 à 1). Par contre, en duodécimale (base 12), il faut convenir de deux symboles supplémentaires pour dix et onze et de six en hexadécimale (base 16). On prend généralement les premières lettres de l'alphabet : A pour dix, B pour onze, C pour douze (en hexadécimale car en duodécimal on écrit 10 !) D, E, F pour treize, quatorze et quinze (11, 12, 13 en duodécimal !)

Soulignons que dans les langues latines, les mots pour prononcer ces nouveaux symboles existent déjà. Nous disons onze, douze, treize et non dix-un, dix-deux, dix-trois. Il s'agit de réminiscences d'un ancien système à base vingt (quatre vingts, hôpital des quinze-vingts).

---

(1) Une mode récente dans le vocabulaire des horlogers donne un exemple parfait de ces deux nuances.
Les montres bracelets sont désormais dites *analogiques* si l'heure y est indiquée de façon traditionnelle par des aiguilles en déplacement continu et *digitales* si ce sont des chiffres lumineux successifs qui apparaissent sur un écran.

Enoncé 7

Comment calculer la valeur représentée par un nombre selon le système de numération employé ?

Eléments de corrigé

Elle dépend essentiellement de la valeur de la base *considérée* et de la *position* des chiffres dans ce nombre... La présentation habituelle d'un nombre n'est que l'écriture condensée d'un polynôme plus complet. Ainsi, l'écriture 253 en système *décimal* correspond au polynôme :

$(2 \times 10^2) + (5 \times 10^1) + (3 \times 10^0) = 253$

Ceci semble une lapalissade dans ce système familier et pour lequel la *prononciation concorde* et à condition de se rappeler que tout nombre élevé à la puissance zéro est égal à 1.

Mais la formule reste valable avec n'importe quelle base (qui s'écrirait toujours « 10 » mais dont la ***valeur*** *exprimée en décimal ne serait plus « dix » évidemment).*

Par exemple, 253 vaudrait :

- *en octal* $(2 \times 8^2) + (5 \times 8^1) + (3 \times 8^0) = 171$
- *en duodécimal* $(2 \times 12^2) + 5 \times 12^1) + (3 \times 12^0) = 351$
- *en hexadécimal* $(2 \times 16^2) + 5 \times 16^1) + (3 \times 16^0) = 595$

Evidemment la prononciation prévue pour le seul décimal, ne correspond plus et il ne faudrait surtout pas dire deux cent cinquante trois.

Ce manque de vocabulaire pour prononcer les nombres dans les autres bases contribue certainement à la difficulté de compréhension des principes généraux de toute numération.

On pourrait imaginer de prononcer « base » pour 10^1*, « carré » pour* 10^2 *et « cube » pour* 10^3*, ce qui donnerait pour notre exemple précédent :*

Deux carrés cinq bases trois.

Les mêmes principes restent valables en binaire mais avec les *seuls chiffres 0 et 1*, la base, écrite 10, valant « deux »

253 décimal s'écrira en binaire 11111101 soit :

$(1 \times 2^7) + (1 \times 2^6) + (1 \times 2^5) + (1 \times 2^4) + (1 \times 2^3) + (1 \times 2^2) + (0 \times 2^1) + (1 \times 2^0)$

ou $128 + 64 + 32 + 16 + 8 + 4 + 0 + 1 =$

$= 253$

L'astuce de prononciation ci-dessus n'est plus guère parlante pour un nombre aussi long qu'il est toujours incorrect de prononcer onze millions cent onze mille cent un. Mais le problème ne se pose pas souvent en pratique le binaire n'étant utilisé que par les circuits internes des machines (à l'inverse de l'octal ou de l'hexadécimal qui peuvent être imprimés dans certains cas de mise au point de programmes).

Enoncé 8

Utilité des divers systèmes de numération

Eléments de corrigé

L'intérêt du binaire pour la réalisation de circuits électroniques est évident d'autant plus qu'il simplifie également les calculs (voir ci-dessous).

Le duodécimal n'est pratiquement pas utilisé.

Par contre, l'octal et l'hexadécimal ont une grande utilité en informatique chaque fois qu'il faut représenter le binaire.

HEXA décimal	DUO décimal	DECIMAL	OCTAL	QUINAIRE	BINAIRE
1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	10
3	3	3	3	3	11
4	4	4	4	4	100
5	5	5	5	10	101
6	6	6	6	11	110
7	7	7	7	12	111
8	8	8	10	13	1000
9	9	9	11	14	1001
A	A	10	12	20	1010
B	B	11	13	21	1011
C	10	12	14	22	1100
D	11	13	15	23	1101
E	12	14	16	24	1110
F	13	15	17	30	1111
10	14	16	20	31	10000
11	15	17	21	32	10001

Figure 2.4 - Systèmes de numération.

CODE →	D.C.B	d' AIKEN ou DOUBLE 2	EXCESS 3 (ou PLUS 3)	de GRAY	PSEUDO-BINAIRE	BIQUINAIRE
Poids →	8421	4221			74210	0501234
DECIMAL					*	
0	0000	0000	0011	0000	11000	1010000
1	0001	0001	0100	0001	00011	1001000
2	0010	0010	0101	0011	00101	1000100
3	0011	0011	0110	0010	00110	1000010
4	0100	0110	0111	0110	01001	1000001
5	0101	1001	1000	0111	01010	0110000
6	0110	1100	1001	0101	01100	0101000
7	0111	1101	1010	0100	10001	0100100
8	1000	1110	1011	1100	10010	0100010
9	1001	1111	1100	1101	10100	0100001
				1111	* ZERO fait exception	
				etc...		

Figure 2.8 - Codes numériques dérivés du binaire

A + B

B \ A	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	4	5	6	7	(1)0
2	2	3	4	5	6	7	(1) 0	(1) 1
3	3	4	5	6	7	(1)0	(1) 1	(1) 2
4	4	5	6	7	(1) 0	(1) 1	(1) 2	(1) 3
5	5	6	7	(1) 0	(1) 1	(1) 2	(1) 3	(1) 4
6	6	7	(1) 0	(1) 1	(1) 2	(1) 3	(1) 4	(1) 5
7	7	(1) 0	(1) 1	(1) 2	(1) 3	(1) 4	(1) 5	(1) 6

Figure 2.5 - Table d'additions en octal.

A x B

B \ A	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	2	3	4	5	6	7
2	0	2	4	6	(1) 0	(1) 2	(1) 4	(1) 6
3	0	3	6	(1) 1	(1) 4	(1) 7	(2) 2	(2) 5
4	0	4	(1) 0	(1) 4	(2) 0	(2) 4	(3) 0	(3) 4
5	0	5	(1) 2	(1) 7	(2) 4	(3) 1	(3) 6	(4) 3
6	0	6	(1) 4	(2) 2	(3) 0	(3) 6	(4) 4	(5) 2
7	0	7	(1) 6	(2) 5	(3) 4	(4) 3	(5) 2	(6) 1

Figure 2.6 - Table de multiplication en octal.

A + B

B \ A	0	1
0	0	1
1	1	(1) 0

A X B

B \ A	0	1
0	0	0
1	0	1

A — B

B \ A	0	1
0	0	1
1		0

Figure 2.7 - Tables arithmétiques en binaire.

En effet, ce dernier avec ses trop nombreux zéros et uns est très malcommode à lire ou écrire pour un être humain. C'est pourtant sous cette forme rudimentaire que ***toutes*** *les informations sont stockées et traitées par les machines électroniques. Chaque fois qu'un dialogue s'avèrera nécessaire en binaire, par exemple imprimer le contenu* ***réel*** *de la mémoire de l'ordinateur (c'est-à-dire faire un « DUMP » ou décharger la mémoire), l'utilisation de l'octal ou de l'hexadécimal apportera une amélioration sensible (figure 2.4.).*

En effet, les bases 8 et 16 sont des multiples de 2. Il est donc facile, mentalement, de passer d'un système de numération à l'autre.

Ainsi, le nombre binaire 101111001110 peut « facilement » s'écrire en octal en le séparant par tranches de 3 ($8 = 2^3$)

101	*111*	*001*	*110*
5	*7*	*1*	*6*

ou en hexadécimal en le séparant en tranches de 4 ($16 = 2^4$)

1011	*1100*	*1110*
B	*C*	*E*

que l'on pourrait prononcer « onze carrés douze bases quatorze ».

Enoncé 9

Opérations arithmétiques et systèmes de numération.

Eléments de corrigé

Les quatre opérations arithmétiques traditionnelles sont réalisables par l'application de tables d'addition et surtout de multiplication dite table de Pythagore dont la connaissance de mémoire, même pour le décimal, nous a donné quelques soucis à l'école primaire.

De telles tables existent pour tous les sytèmes de numération avec des résultats déroutants pour nos « habitudes décimalistes » ($7 + 7 = 16$ ou $6 \times 3 = 22$ en octal, figures 2.5. et 2.6.).

En binaire, elles sont d'une simplicité enfantine particulièrement la table de multiplication. (Figure 2.7).

Pour s'en convaincre, il suffit de multiplier 5 par 3 en binaire

$$\begin{array}{lr} & 101 \\ \times & \underline{11} \\ & 101 \\ & \underline{101} \\ & 1111 \end{array} = 15$$

L'addition se complique un peu à cause des reports et du vocabulaire. Il faut en effet dire « UN et UN, DEUX je pose ZERO et je retiens UN !

soit $5 + 9$
$$\begin{array}{r} 101 \\ +\ 1001 \\ \hline 1110 \end{array} = 14$$

Cette étonnante simplicité sera mise à profit dans les montages électroniques qui pourront ainsi se confondre avec ceux de la logique qui ne connaît que deux états : VRAI ou FAUX (1 ou 0) d'où les noms de « logiques électroniques » ou « circuits logiques » si souvent évoqués (voir énoncés 4 et 7 du chapitre 3).

Enoncé 10

Comment passer d'un système de numération à un autre ?

Eléments de corrigé

Bien que l'occasion d'effectuer de telles transformations ne se présente pas souvent en pratique, il est bon de connaître quelques méthodes à ce sujet.

L'application de la formule de base de tout système de numération permet de passer d'un système quelconque au système décimal d'une façon relativement simple comme le précisait déjà l'énoncé 7.

S'il faut passer du décimal dans un autre système c'est une méthode inverse qu'il faut employer en procédant par divisions successives du nombre à transformer d'abord puis des quotients successifs tant que ceux-ci restent supérieurs à la base (écrite en décimal).

Il suffit ensuite de considérer le *dernier* quotient et de prendre *tous les restes* des divisions précédentes *« en remontant »*.

Par exemple, pour passer du décimal 253 déjà utilisé à l'octal on posera :

253 | 8
13 | 31 | 8
5 | 7 | 3

soit : $375 = (3 \times 8^2) + (7 \times 8) + 5$

Evidemment, les calculs des divisions doivent se faire selon les tables ***arithmétiques du système de départ****, ce qui est familier quand il s'agit du décimal, mais devient ardu dans les autres cas. Ainsi, soit le nombre 34 à transformer en binaire.*
Si 34 est écrit en décimal il devient :

34 | 2
14 | 17 | 2
0 | 1 | 8 | 2
0 | 4 | 2
0 | 2 | 2
0 | 1

Soit : $100010 = (1 \times 2^5) + \ldots + (1 \times 2^1) = 34$
mais si 34 est écrit en octal, nous aurions (voir table Figure 2.5.)

34 | 2
14 | 16 | 2
0 | 0 | 7 | 2
1 | 3 | 2
1 | 1

soit : $11100 = (1 \times 2^4) + (1 \times 2^3) + (1 \times 2^2) = 28$ *en décimal*
Ce que donnait bien 34 en octal = $(3 \times 8) + 4 = 28$

Le besoin le plus fréquemment rencontré est de passer du décimal au binaire. Il risquerait d'être fastidieux de devoir effectuer de nombreuses divisions par deux. Il est rentable d'utiliser la facilité de transposition de l'octal en binaire déjà évoqué par l'énoncé 8.

Nous avons vu ci-dessus que $253_{10} = 375_8$
On peut écrire 3 7 5 « mentalement » en binaire soit :
11 111 101

Enoncé 11

Transformation des nombres fractionnaires décimaux.

Eléments de corrigé

Un nombre fractionnaire décimal s'écrit habituellement avec une virgule séparant ainsi les « décimales » des entiers. La transformation de la partie fractionnaire ne peut se faire, en appliquant les mêmes règles, que pour les entiers. Il faut bien voir en effet que les positions des décimales correspondent à des puissances négatives de la base 10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3} appelés dixièmes, centièmes, millièmes.

Il en est de même dans tous les systèmes et notamment en binaire :

2^{-1} correspond au décimal 0,5
2^{-2} correspond au décimal 0,25
2^{-3} correspond au décimal O, 125
etc...

Le nombre binaire 101, 101 vaut en décimal :

$$\underset{4}{(1 \times 2^2)} + \underset{1}{(1 \times 2^0)} + \underset{0,5}{(1 \times 2^{-1})} + \underset{0,125}{(1 \times 2^{-3})} = 5,625$$

Nous n'insisterons pas davantage sur cette transformation des nombres fractionnaires d'autant que l'on emploie fréquemment en informatique une représentation particulière dite à « virgule flottante ».

Enoncé 12

Ecriture semi-logarithmique des nombres (dite en virgule flottante)

Eléments de corrigé

Sous ce vocable, on désigne une forme d'écriture ramenant tout nombre à une expression de la forme O, 123 ... × 10^n (en décimal). C'est-à-dire que le nombre est considéré comme systématiquement inférieur à l'unité et que tous ses chiffres sont considérés comme des « décimales ». L'emplacement réel de la virgule est rétabli par la multiplication par la puissance convenable de la base (qui peut être négative). Les chiffres conservés forment la mantisse. La puissance de la base (ou exposant ou caractéristique) doit aussi être indiquée.

L'intérêt de ce procédé n'apparaît que pour des nombres très grands ou très petits dont on ne ***conserve ainsi que les chiffres très significatifs.*** *Ces nombres sont fréquents en calcul scientifique.*

Par exemple : 123456000000 s'écrira O, 123456 × 10^{12}
ET O, OOO1234567 " O, 1234567 × 10^{-3}
car O, 1234 s'écrirait 0, 1234 × 10^0

C'est notamment au point de vue ***place occupée*** *en mémoire que cette écriture devient intéressante. En effet, on ne stockera systématiquement que les chiffres les plus significatifs (éventuellement en négligeant ceux qui dépasseraient la capacité de stockage) et la* ***puissance*** *de la base sur deux positions (en décimal). Cette dernière toutefois, pouvant être négative, est généralement augmentée de cinquante. Ainsi les deux exemples ci-dessus s'enregistreraient (dans un registre mémoire de faible capacité : 8 positions seulement, plus une position pour le signe + ou — éventuel) comme suit :*

Signes	Mantisses						Exposants		
+	1	2	3	4	5	6	6	2	= 50 + 12
+	1	2	3	4	5	6	4	7	= 50 − 3

Un moyen mnémonique pour retrouver l'exposant consiste à souligner qu'il représente le nombre de chiffres à gauche de la virgule pour les nombres > 0 et le nombre de zéros à droite de cette virgule pour les nombre < 0.

L'exemple précédent est fourni en décimal pour faciliter la compréhension; dans la machine les 2 nombres (Mantisse et Exposant) seraient enregistrés en ***binaire*** *!*

Enoncé 13

Les variantes du système binaire.

Eléments de corrigé

Les systèmes de numération que nous avons étudiés jusqu'ici sont parfois appelés systèmes de numération *« de position » ou pondérés ou encore « purs » (notamment le « binaire pur »). Dans ces systèmes, chaque chiffre a en effet une valeur ou un « poids » en rapport avec sa position et ceci de façon systématique. On* emploie d'ailleurs fréquemment les termes de *poids faibles* pour les chiffres de droite et de *poids forts* pour ceux de gauche.

Il existe d'autres systèmes qui ne respectent plus ces principes rigoureusement telle l'écriture des nombres en chiffres romains.

Mais c'est surtout dans les machines électroniques devant transformer le décimal en binaire que de nombreuses variantes ont été imaginées pour des raisons de commodités de fabrication de circuits logiques, de dialogue homme-machine ou de sécurité de fonctionnement.

Il ne faudrait plus alors parler de système de numération mais de «*codage binaire* ».

Le plus connu de ces codes est le D.C.B. (Décimal Codé Binaire) dans lequel *chaque chiffre* du système de numération décimal est écrit en binaire séparément (code encore appelé 8.4.2.1.).

Par exemple, le nombre 253, déjà évoqué précédemment, s'écrira 0010 0101 0011 ce qui est plus facile à lire et à codifier (avantage humain) mais complique les calculs (inconvénients pour la machine). Notez qu'il y a une perte de « puissance lexicographique », c'est-à-dire que toutes les combinaisons du code ne sont pas utilisées. Avec quatre « bits » (binary digits ou chiffres binaires), on pourrait atteindre seize combinaisons et écrire pratiquement en « Hexadécimal codé binaire » mais on se limite à 1001 (en décimal).

Cette perte de combinaisons est systématique pour trois autres codes :

- *le code de AÏKEN ou double-deux (4221) qui a l'avantage d'être symétrique et de faciliter la recherche du complément à 9 (pour les soustractions par remplacement des 1 par des zéros et inversement).*
- *le code « plus 3 » (ou excess 3) qui présente le même intérêt.*
- *le code dit de GRAY, tel qu'en passant d'un chiffre au suivant un seul bit change de façon cyclique ;*

Enfin, la perte de place est encore plus sensible avec deux autres codes dans lesquels on a recherché une sécurité maximale en utilisant systématiquement deux chiffres UN binaires pour chaque chiffre décimal.

Il s'agit d'un code à cinq bits dit 74210 (ou pseudobinaire notamment pour les FICHES à perforations marginales des systèmes de tri mécanique, voir tome 1) et du code biquinaire à sept bits.

La Figure 2.8. donne le tableau complet de tous ces codes qui n'ont pas à être connus de mémoire.

Enoncé 14

Les extensions du Décimal Codé Binaire.

Eléments de corrigé

En réalité, le principal intérêt du code DCB se situe au niveau de la *mémorisation* des nombres et non pas au niveau des calculs.

Tous les dialogues avec l'environnement extérieur de la machine, que ce soit pour l'entrée des informations (depuis un clavier ou des supports, cartes, rubans etc...) ou pour l'extraction des résultats (affichage, impression, perforation) doivent se faire en décimal. C'est donc *chiffre par chiffre* que la transcodification doit avoir lieu.

Or il est évident que les données peuvent être alphabétiques et que leur mémorisation dans des dispositifs électroniques (ou magnétiques) ne peut se faire qu'en « binaire ».

Le code DCB a ainsi été étendu sur un plus grand nombre de bits pour pouvoir représenter *aussi bien* les chiffres que les *lettres* ou les signes de ponctuation les plus usuels.

On a d'abord utilisé des codes à six bits fournissant 64 combinaisons possibles parmi lesquelles le DCB à quatre bits continue de représenter les chiffres; les deux bits supplémentaires précisant par une valeur systématique (souvent 00) qu'il s'agit bien de chiffres. Il restait donc au moins 48 (voire 54) codes suffisant pour les 26 lettres (majuscules uniquement et une vingtaine de signes de ponctuation (. , + - ()<> = etc...).

La variété des codifications était extrême, chaque constructeur ayant son propre code interne à six bits bien qu'une Norme AFNOR Z62-010 ait préconisé une standardisation (voir Figure 2.9.).

Des codes plus puissants ont rapidement vu le jour pour codifier notamment les minuscules mais aussi des ordres fonctionnels (en télétransmission).

Heureusement, ils sont désormais standardisés.

La plupart des ordinateurs actuels utilisent comme *code interne* soit l'A.S.C.I.I. (à sept bits) soit l'E.B.C.D.I.C. (à huit bits) dont les combinaisons théoriques sont de 128 ou 256 caractères (voir Figures 2.10. et 2.11.).

Soulignons qu'actuellement, la majorité des éléments périphériques et notamment les imprimantes sont incapables de traduire une telle variété de codes. Elles en sont restées aux 64 combinaisons précitées (la majorité même n'en admet que 48).

Éléments ou BITS						Chiffres ou symboles		Lettres	
b_6						0	0	1	1
	b_5					0	1	0	1
		b_4	b_3	b_2	b_1				
		0	0	0	0	SP	0	NUL	P
		0	0	0	1	F_1 (HT)	1	A	Q
		0	0	1	0	F_2 (LF)	2	B	R
		0	0	1	1	F_3 (VT)	3	C	S
		0	1	0	0	F_4 (FF)	4	D	T
		0	1	0	1	F_5 (CR)	5	E	U
		0	1	1	0	SO	6	F	V
		0	1	1	1	SI	7	G	W
		1	0	0	0	(	8	H	X
		1	0	0	1	)	9	I	Y
		1	0	1	0	*	:	J	Z
		1	0	1	1	+	;	K	[
		1	1	0	0	,	< ou $	L	£
		1	1	0	1	—	= ou %	M	]
		1	1	1	0		> ou &	N	ESC
		1	1	1	1	/	'	O	DEL

Figure 2.9. - Tableau de code à 6 éléments d'information dit D.C.B. étendu

(Norme AFNOR Z 62.010)
Noter que les lettres sont codées par leur rang dans l'alphabet exprimé en binaire (en négligeant b^6).

b7 b6 b5 → / b4 b3 b2 b1 ↓	000	001	010	011	100	101	110	111
0 0 0 0	NUL	DLE	SP	0	\	P	@	p
0 0 0 1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0 0 1 0	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0 0 1 1	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0 1 0 0	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
0 1 0 1	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0 1 1 0	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0 1 1 1	BEL		'	7	G	W	g	w
1 0 0 0	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1 0 0 1	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1 0 1 0	LF	SS	*	:	J	Z	j	z
1 0 1 1	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1 1 0 0	FF	FS		<	L	:~	l	~
1 1 0 1	CR	GS	–	=	M	]	m	}
1 1 1 0	SO	RS	.	>	N	Λ	n	|
1 1 1 1	SI	US	/	?	O	—	o	DEL

Figure 2.10 - CODE ASCII
(American Standart Code for Information Interchange)

BITS 8765 → / 4321 ↓	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
0000	NUL				SPA	&	–									0
0001							/		a	j			A	J		1
0010									b	k	s		B	K	S	2
0011									c	l	t		C	L	T	3
0100	PF	RES	BYP	PN					d	m	u		D	M	U	4
0101	HT	NL	LF	RS					e	n	v		E	N	V	5
0110	LC	BS	EOB	UC					f	o	w		F	O	W	6
0111	DEL	IL	PRE	EOT					g	p	x		G	P	X	7
1000									h	q	y		H	Q	Y	8
1001									i	r	z		I	R	Z	9
1010			SM		¢	!	^	:								
1011					.	$	,	#								
1100					<	*	%	@								
1101					(	)	—	'								
1110					+	;	>	=								
1111					|	¬	?	"								□

SM : Caractère de commande en télétransmission

Figure 2.11 - CODE EBCDIC
(Extended Binary Coded Decimal Interchange Code)

3 Principes physiques appliqués par les matériels informatiques

Dans le chapitre précédent, nous avons découvert la nécessité d'abandonner, et la technologie mécanique et le système de numération décimale.

Nous allons maintenant essayer de comprendre comment l'emploi de la numération binaire sous forme d'impulsions électroniques permet de réaliser des montages aussi rapides qu'économiques. Nous devrons pour cela faire quelques incursions dans des domaines assez ardus comme la théorie des ensembles, l'algèbre logique et la physique des composants électroniques.

Ici encore, malgré une vulgarisation systématique quelques développements dépasseront les besoins du D.E.C.S. ; ceux-ci seront présentés en caractères italiques.

Enoncé 1

Quels rapports existe -t-il entre le binaire et la logique ?

Eléments de corrigé

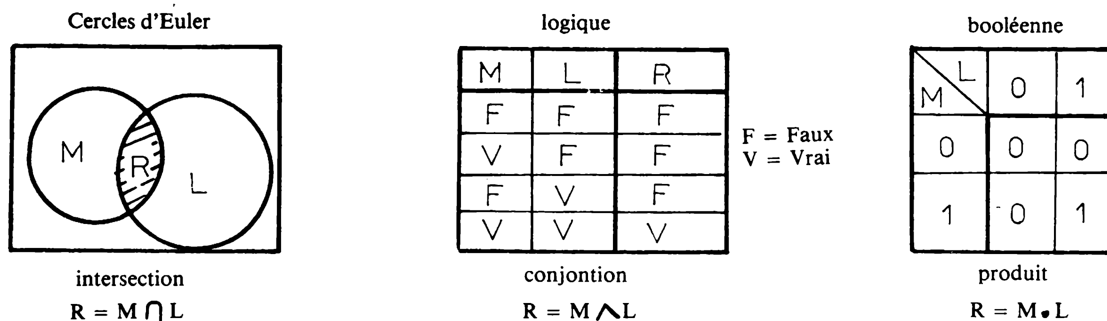
La numération binaire n'utilise que deux chiffres ZERO et UN et la logique n'admet que deux alternatives à ses propositions : elles sont vraies ou fausses; d'où une première similitude de mode de fonctionnement par « Tout ou Rien ».

Toutes les opérations arithmétiques en binaire ne peuvent également fournir que des résultats ne comportant que des zéros ou des uns. Donc, comme les propositions logiques ne peuvent donner que deux types de résultats également, il est probable que certaines d'entre elles apparaîtront comme *analogues* à un calcul binaire.

C'est le fondement même du « binaire électronique » : on peut dire qu'un circuit logique *simule* le fonctionnement d'un « totalisateur » binaire. Les énoncés suivants essaieront de le démontrer.

Enoncé 2

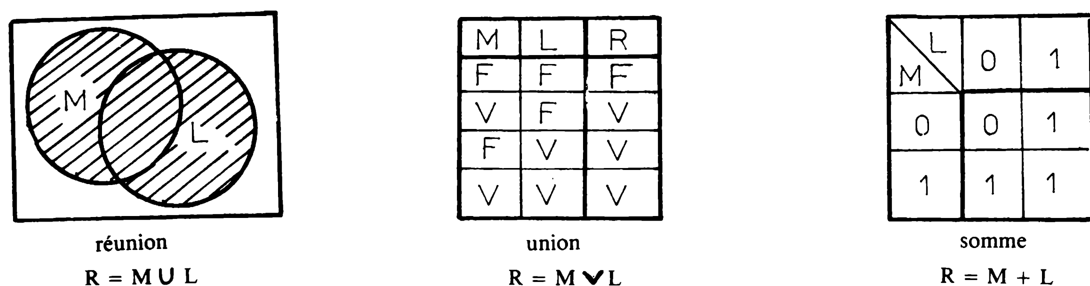
Logique, algèbre de BOOLE et théorie des ensembles.



M	L	R
F	F	F
V	F	F
F	V	F
V	V	V

M \ L	0	1
0	0	0
1	0	1

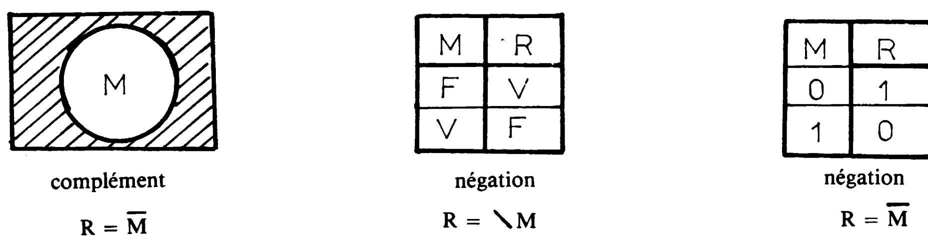
Figure 3.1 - Représentations de la fonction ET (AND).



M	L	R
F	F	F
V	F	V
F	V	V
V	V	V

M \ L	0	1
0	0	1
1	1	1

Figure 3.2 - Représentations de la fonction OU (OR).



M	R
F	V
V	F

M	R
0	1
1	0

Figure 3.3 - Représentations de la fonction NON.

Eléments de corrigé

Un logicien anglais, BOOLE (mort en 1864) mit au point une algèbre propositionnelle qui résoud les équations logiques en ramenant le raisonnement à un calcul. Il s'agit d'une algèbre « de classe. » ou « qualitative », fonctionnant sur une base binaire dite encore « algèbre des états » qui ne peuvent être que complémentaires ou contradictoires. Son principal intérêt est justement de remplacer les assertions vrai ou faux par UN ou ZERO !

Il existe ainsi un grand nombre d'opérations (ou fonctions) booléennes portant sur deux opérandes (dites opérations diadiques) et dont le résultat ne peut être que ZÉRO ou UN. Ces opérations correspondent strictement à celles de la logique avec toutefois un vocabulaire légèrement différent. Pour chacune d'entre elles, on peut dresser une *table de vérité* donnant pour les différentes valeurs binaires des *deux* opérandes ; les *quatre résultats* également binaires pouvant en résulter.

Une autre façon encore plus parlante de matérialiser ces opérations logiques est d'utiliser les cercles d'EULER de la *Théorie des ensembles* qui symbolisent justement les relations (logiques) possibles entre deux ensembles.

Enoncé 3

Aperçu sur la théorie des ensembles.

Eléments de corrigé

La majorité de nos lecteurs n'est pas forcément familiarisée avec cette théorie dont l'enseignement est relativement récent. Nous nous efforcerons donc de la résumer et surtout de démontrer l'intérêt des cercles d'EULER pour la compréhension de la logique.

Envisageons une salle de cours de formation continue pour adultes. Tous les auditeurs forment « l'ensemble » du cours que l'on appellera le *référentiel* et que l'on représente par un rectangle.

On peut maintenant considérer une partie seulement de l'auditoire en la définissant par la possession d'une *« propriété » commune.* Par exemple, on considérera l'ensemble des auditeurs portant moustaches. On le représentera par un cercle (un « patatoïde » plutôt) référencé M à l'intérieur duquel seront rassemblés tous les « éléments » répondant *à* cette propriété. A l'extérieur se retrouveront les imberbes notés $\overline{M}$ (prononcé M barre ou NON M).

Supposons maintenant que l'on considère un autre « ensemble » ; celui des gens portant lunettes, par exemple. Un nouveau cercle les identifiera par la lettre L mais devra-t-il être sécant au premier ? Probablement oui, car il y a certainement des moustachus à lunettes.

La *partie commune aux deux cercles* correspond au résultat de la relation dite *« produit logique »* ou « fonction ET » ou « Intersection » (Figure 3.1).

Enoncé 4

Produit logique et Multiplication binaire.

Eléments de corrigé

La fonction ET (ou AND) peut être représentée de multiples façons, toutes équivalentes :

La figure 3.1. donne six possibilités de symbolisation de gauche à droite (R = Résultat) :

— dans le cadre de la théorie des ensembles sous forme de diagramme (cercles d'Euler) et de façon formulée (lire R égale M inter L) ;
— en logique pure dite calcul des propositions sous forme de table de vérité et de façon formulée (lire R égale M conjonction L) ;
— en algèbre booléenne (ou logique ou binaire) encore de deux façons : table de vérité binaire ou notation algébrique (lire R égale M et L, le • symbolisant le produit) ;

Il suffit de rapprocher la table de vérité booléenne de la table de multiplication binaire du chapitre précédent pour constater leur concordance parfaite.

Donc, un circuit logique réalisant la fonction ET *équivaut* à un circuit de calcul assurant la multiplication de deux chiffres binaire.

Enoncé 5

Autres fonctions logiques simples.

Eléments de corrigé

Dans la salle de cours, nous avons considéré jusqu'à présent la population ayant *à la fois* des lunettes et des moustaches (relation ET ou intersection).

Il est loisible d'envisager l'ensemble des personnes ayant des lunettes OU des moustaches (ou les deux). Nous découvrons ainsi la SOMME logique ou la RÉUNION symbolisée par la Figure 3.2. toujours en six variantes (lire R égale M union L).

Une autre fonction évidente mais ne portant plus que sur un ensemble est la négation ou fonction NON (NOT) ou inversion logique ou complémentation. Par exemple, on considérera l'ensemble des auditeurs n'ayant pas de moustache (Figure 3.3.). On doit lire R égale M barre ou NON M.

Enoncé 6

Autres fonctions complexes.

Eléments de corrigé

La combinaison des trois fonctions précédentes donnent trois relations plus complexes qui jouent un grand rôle dans la réalisation des circuits. Elles sont surtout connus par leur nom anglais de fonctions XOR, NAND et NOR et sont schématisées par la figure 3.4.

La fonction XOR (ou OUX en français, rarement employé) est le OU exclusif ou DISJONCTION ou DILEMME logique ou DIFFÉRENCE SYMÉTRIQUE. Dans la salle de cours, il s'agirait de l'ensemble des porteurs ***soit*** *de lunettes,* ***soit*** *de moustaches,* ***mais pas des deux.***

La fonction NAND (NON - ET) correspond à l'INCOMPATIBILITÉ logique (encore appelée fonction de SCHEFFER). C'est la moins facile à matérialiser... il s'agirait de l'ensemble des auditeurs ***sauf*** *ceux qui ont* ***à la fois*** *des lunettes et des moustaches (soit le complémentaire du ET).*

Enfin la fonction NOR (NON OU) ou NI logique (ou fonction de Pierce) intéresserait les seules personnes n'ayant ni lunettes ni moustaches. (à l'extérieur des 2 cercles).

Enoncé 7

Comment toutes ces fonctions sont-elles matérialisées en circuits logiques ?

Eléments de corrigé

Les comparaisons du chapitre 2 avec la technologie des télétransmissions font deviner que les circuits logiques seront construits à l'aide de composants électroniques analogues à ceux des postes de radio ou de télévision.

Ces composants peuvent être classés en deux catégories : composants passifs (condensateurs, résistances) et composants actifs (tubes électroniques devenus transistors). Le rôle des premiers n'intéresse que l'élec-

tronicien fabricant ou dépanneur car ils interviennent surtout pour des questions de règlage ou de sécurité (chute de tensions dans une résistance par exemple).

Les seconds, par contre, sont à la base même du fonctionnement des circuits jouant le rôle de filtre, de mélangeur, ou d'amplificateur d'impulsions.

Les premiers calculateurs utilisaient des tubes électroniques (vulgairement appelés lampes de T.S.F.) notamment des « valves » et des triodes. C'est surtout avec l'emploi des matériaux *semi-conducteurs* sous forme de diodes et de *transistors* que le calcul électronique a pris l'essor extraordinaire que l'on sait.

Un circuit logique moderne comporte donc toujours plusieurs transistors et des composants plus secondaires tels que diodes, résistances, etc.

Enoncé 8

Qu'est-ce qu'un transistor ?

Eléments de corrigé

Les transistors, comme les diodes, sont fabriqués à partir de *semi-conducteurs* qu'il faut d'abord définir.

Certains corps comme le germanium et surtout le *silicium* sont pratiquement *isolants* à l'état pur. Il suffit de leur ajouter quelques impuretés pour les rendre conducteurs mais dans ***un seul sens*** positif ou négatif selon l'impureté ajoutée (arsenic, indium, bore, etc...). On obtient alors du silicium ou germanium de type P (positif) ou N (négatif).

En réunissant deux éléments P ou N on réalise une « DIODE » à jonction qui ne se laisse traverser que dans un seul sens et qui sert donc de valve ou de dispositif « anti-retour » (voir Figure 3.5).

Avec ***trois éléments*** formant « sandwich », on obtient un transistor qui peut être du type P.N.P. ou N.P.N.

Son fonctionnement est beaucoup plus intéressant que celui de la diode car il peut ***être commandé*** à volonté.

En effet, chacune des trois parties du transistor est munie d'un fil conducteur respectivement nommé émetteur, base et collecteur. L'émetteur relié à une source de courant de même polarité peut être considéré comme l'entrée du transistor, le collecteur comme sa sortie et la base en serait la commande.

Les transistors se présentent dans les montages sous différents aspects matériels : un des plus faciles à reconnaître est leur présentation « blindée ». Il ressemble alors à un réservoir d'hydrocarbures miniature avec ses trois fils ou pattes, celui de la base étant plus proche de l'émetteur que du collecteur. Nous le personnaliserons sous forme d'un petit manchot (voir Figure 3.6 gauche). Dans les schémas ils sont représentés comme indiqué sur la même figure à droite.

Enoncé 9

Fonctionnement du transistor.

Eléments de corrigé

Même relié à une source de courant convenable, c'est-à-dire le « pied-émetteur » sur une borne positive (dans le cas d'un P.N.P.), le transistoir ne laisse passer aucun courant; on dit qu'il est BLOQUANT ou dormant.

Si la « main-base » est mise en contact avec une source négative même très faible, le transistor devient PASSANT et le « pied-collecteur » délivre un puissant courant (Figure 3.7).

On a donc la possibilité de commander à volonté le fonctionnement du dispositif exactement comme sur les anciennes triodes en jouant sur la tension de grille ou sur un relais électro-magnétique en excitant sa bobine mais le basculement se fait alors un million de fois plus vite (10 NANO secondes).

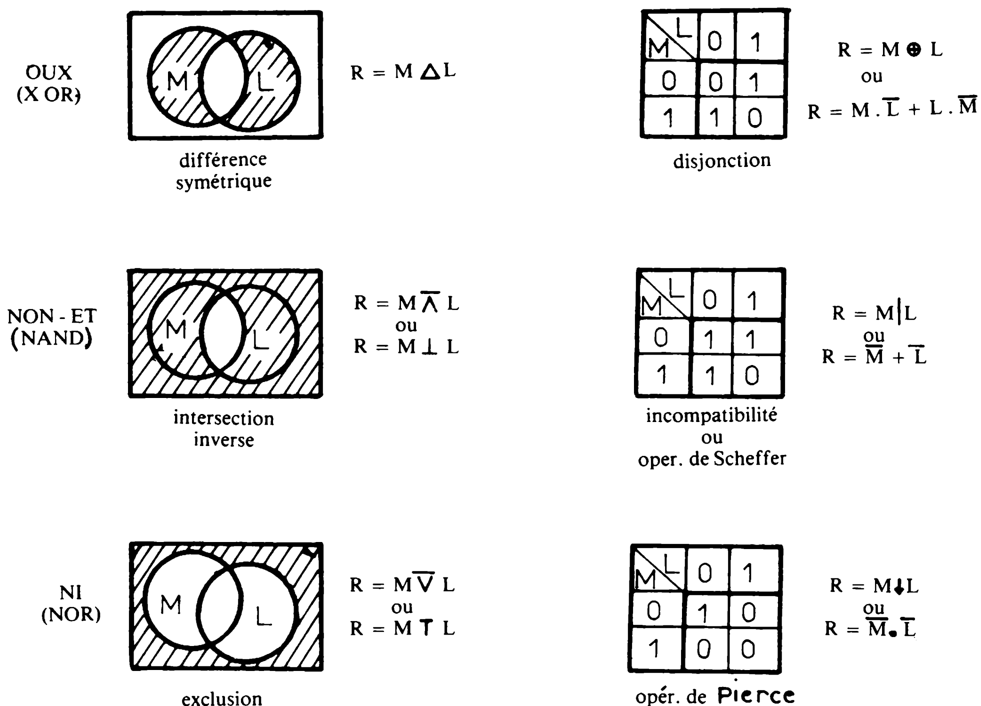


Figure 3.4 - Représentations des fonctions complexes.

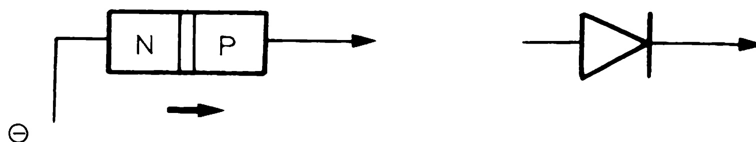


Figure 3.5 - Symboles de la Diode à Jonction.

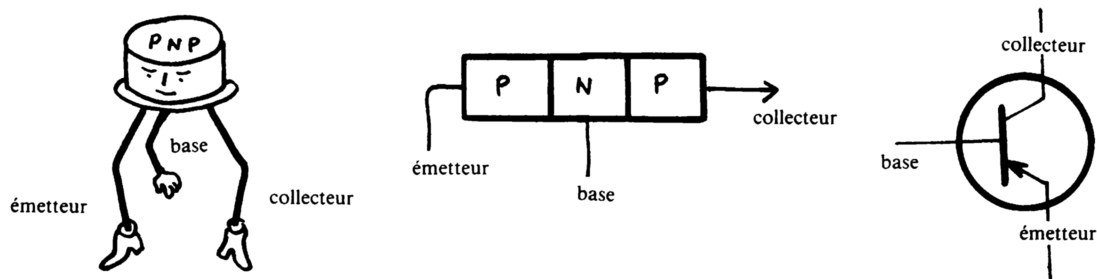


Figure 3.6 - Symbolisations du Transistor.

Enoncé 10

Réalisation d'un « circuit ET » transistorisé.

Eléments de corrigé

Si le fonctionnement du transistor a été bien compris, il est facile d'imaginer des montages très simples permettant de matérialiser certaines fonctions logiques étudiées précédemment.

Ainsi pour réaliser un circuit ET, il ne faudra obtenir un courant de sortie (collecteur) que si *deux* commandes (bases) ont lieu simultanément. La connexion de deux transistors « *en série* » réalisera facilement ce montage. Deux contacts autoriseront ou non le passage des courants de commande correspondant, par exemple, aux conditions M et L qui nous avaient servi d'exemple (Figure 3.8). Pour plus de clarté. les quatre cas possibles et les tables de vérité correspondantes sont schématisés par la Figure 3.9.

Enoncé 11

Autres montages à base de transistor.

Eléments de corrigé

Nous avons utilisé le circuit ET parce qu'il correspondait à notre démonstration précédente relative à la multiplication binaire (provisoirement, voir chapitre 5).

Tous les autres montages sont réalisables de façon plus complexe et seront approfondis au chapitre 5 relatif au fonctionnement de l'unité centrale de l'ordinateur.

La fonction OU est également très simple à construire, il suffit de deux transistors en parallèle.

Enoncé 12

La nécessité des mémoires en calcul électronique.

Eléments de corrigé

Nous savons maintenant que les « circuits logiques » simulent les calculs binaires en combinant les impulsions électroniques représentant les deux chiffres possibles de ce système de numération. Mais ces impulsions ne font que traverser les circuits et les résultats doivent être conservés. De même, ces impulsions binaires proviennent de «dispositifs d'attente» où elles ont été d'abord générées à partir de données externes généralement fournies en numération décimale.

Bref, les circuits de calculs doivent être complétés en amont et en aval de « *registres de mémoire* » pour stocker les impulsions binaires qui ne font que les traverser. Soulignons cette différence fondamentale avec les totalisateurs mécaniques qui, eux, pouvaient conserver leurs résultats indéfiniment et recevoir directement leurs données depuis un clavier décimal par exemple (voir tome 1).

Enoncé 13

Technologie des registres de mémoire.

Eléments de corrigé

Il est facile de comprendre que le fonctionnement de ces registres doit être aussi rapide que celui des circuits de calcul. Seule une technologie électronique identique à celle de ces circuits peut assurer cette concordance.

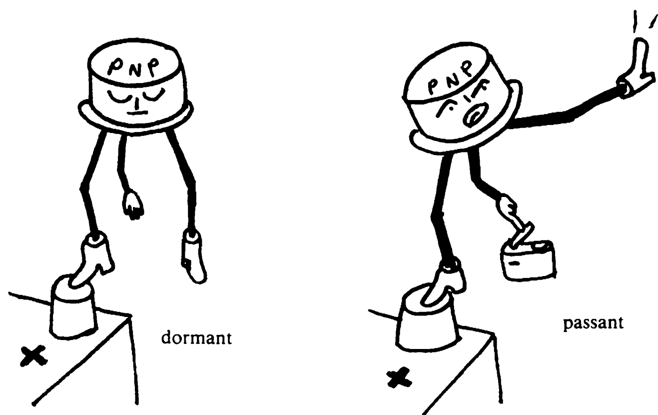


Figure 3.7 - Fonctionnement du Transistor.

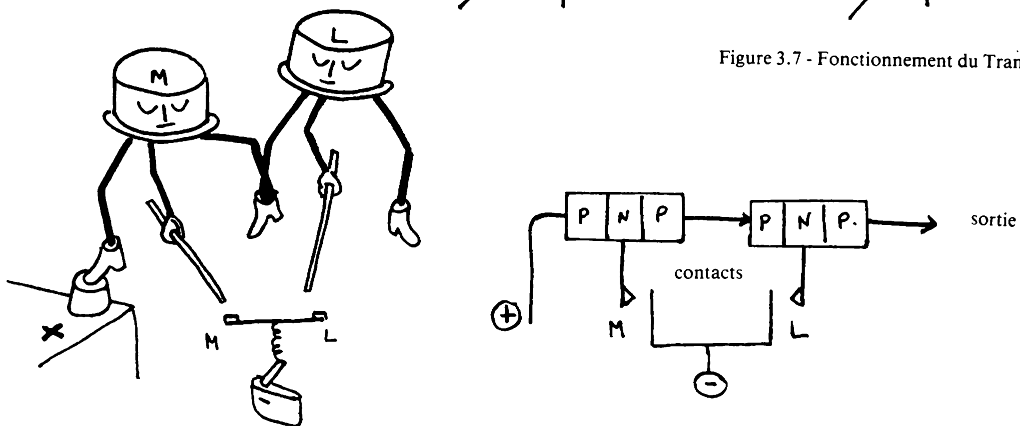


Figure 3.8 - Deux Transistors montés en série réalisant un «circuit ET» (en position de repos, contacts ouverts).

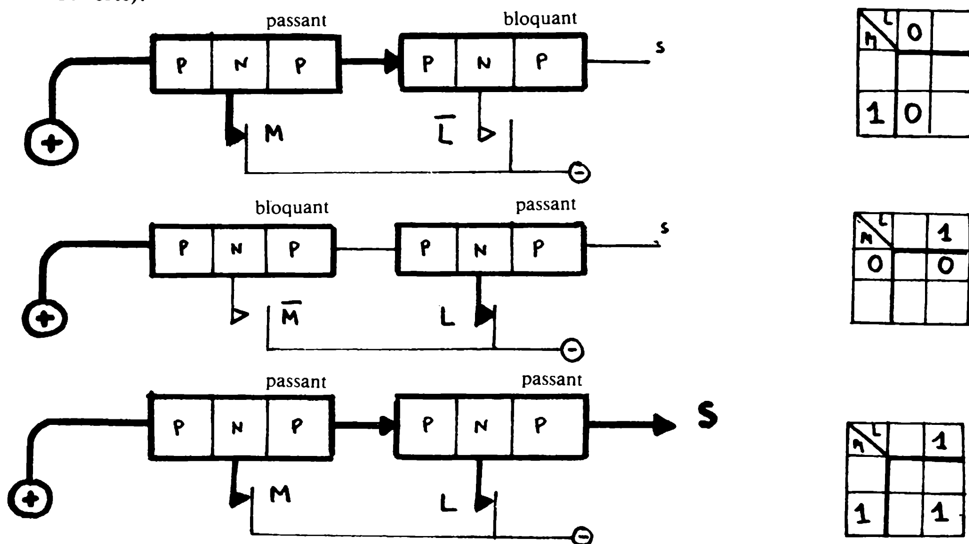


Figure 3.9 - Les 3 cas de réponse possibles d'un circuit ET.

Il a donc fallu encore utiliser les tubes électroniques (vers 1950) puis les transistors pour essayer de réaliser ces mémoires. Le montage correspondant porte le nom de « bascule bistable » ou « flip-flop » en anglais, parce qu'il nécessite deux transistors qui *s'interbloquent* mutuellement (voir Figure 3.10). Lorsque l'un est *passant*, l'autre est *bloquant* et cet *équilibre dure* tant que la machine est sous tension... Bien entendu, on peut provoquer le basculement ou l'inversion de cet équilibre par l'envoi d'impulsions de commande dites de positionnement à 1 (SET) ou de remise à zéro (RESET) : Ce fonctionnement sera approfondi au chapitre 5. Il suffit de comprendre que si la sortie d'un des deux transistors est sous tension, l'autre est toujours inerte. On choisit alors un des deux transistors comme étant «significatif» et selon que sa sortie est sous tension ou NON, on conclut qu'il a mémorisé le chiffre UN ou le chiffre ZERO. L'autre transistor ne sert à rien d'autre qu'à lui faire « contrepoids » pour ainsi dire, d'où le nom de bascule (Flip-Flop est tout aussi imagé : lorsqu'un transistor est à « 1 », l'autre est obligatoirement à « 0 »).

Enoncé 14

Encombrement et coût des mémoires électroniques.

Eléments de corrigé

Le lecteur attentif n'aura pas manqué de remarquer que chaque bascule bistable comprend *deux* transistors pour ne mémoriser qu'un *seul* chiffre binaire sans parler de la demi-douzaine de composants secondaires (résistances et diodes) qui les accompagnent (Figure 3.10).

Or, un registre-mémoire doit stocker l'équivalent binaire des nombres décimaux habituellement usités dans les calculs. La plupart des totalisateurs mécaniques comportaient neuf ou dix roues (voire 12) ce qui permet de mémoriser un nombre décimal égal à $10^{12} - 1$. Le même nombre en binaire nécessitera 40 chiffres. Donc un registre-mémoire électronique comportera 40 bascules soit 80 transistors et quelques centaines de diodes et résistances.

La mémorisation électronique est donc beaucoup plus coûteuse que le calcul. Malgré des progrès spectaculaires dans l'industrialisation et la miniaturisation des flips-flops, le nombre de registres-mémoires est déterminant dans le coût d'une calculatrice électronique... Cela se vérifie commercialement chez tous les papetiers vendeurs de calculettes. Leur prix dépend essentiellement du nombre de « mémoires » qu'elles possèdent et encore celles-ci n'ont généralement qu'une capacité de huit chiffres décimaux.

Enoncé 15

Les mémoires magnétiques de l'ordinateur.

Eléments de corrigé

Les registres-mémoires dont il vient d'être question sont indispensables et ont toujours existé, à l'appui des circuits de calcul, dans tous les matériels électroniques. Mais vu leur prix de revient, leur nombre est limité au strict minimum indispensable.

Pour les mémorisations plus importantes, notamment celle des fichiers mais aussi des programmes, on utilise une autre technologie : le magnétisme. Comme l'électricité avec sa double polarité, les phénomènes magnétiques sont également bivalents ou bistables. Un aimant permanent présente un champ magnétique orienté dans un sens ou dans le sens strictement contraire : Nord-Sud ou Sud-Nord.

On devine l'intérêt de cette caractéristique pour mémoriser des informations binaires. Il suffit d'affecter un petit aimant à chaque bit et d'admettre par convention qu'un « sens d'aimantation » correspond au chiffre UN et son opposé au chiffre ZERO. Ceci suppose également que l'on puisse aisément inverser le sens du champ magnétique par un courant électrique ce que permettent les phénomènes d'induction électromagnétique.

Cette solution pourrait paraître élémentaire, encombrante et peu intéressante si les aimants en question n'avaient une taille microscopique. Ils sont constitué par des bâtonnets d'oxyde de fer magnétique (appelé ferrite) de quelques microns. On peut ainsi en loger plus de 10.000 au centimètre carré.

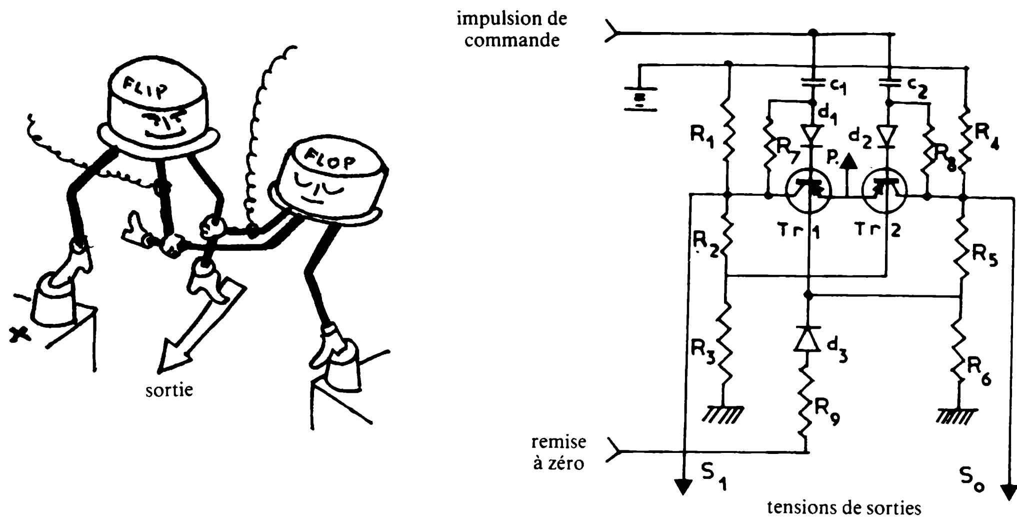


Figure 3.10 - Deux transistors s'interbloquant réalisent une bascule bistable ou FLIP-FLOP. (Le montage réel de droite nécessiterait 2 transistors, 3 diodes et 9 résistances pour mémoriser un seul chiffre binaire).

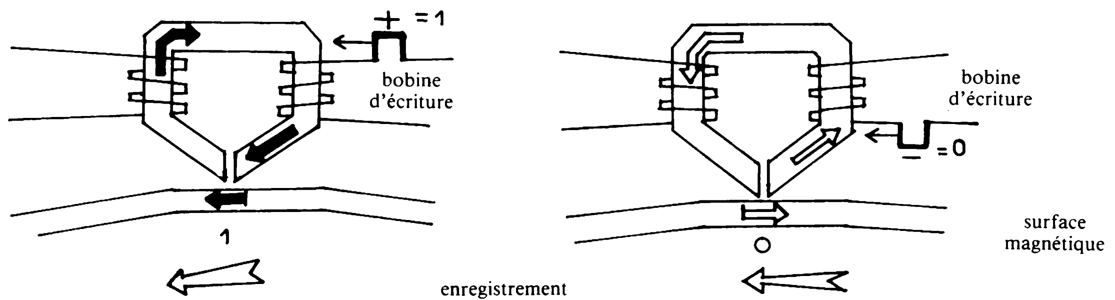


Figure 3.11 - Principe de fonctionnement d'une tête d'écriture

Enoncé 16

Rappel des lois de l'induction électromagnétique.

Eléments de corrigé

Un aimant permanent génère dans son environnement immédiat un flux ou champ magnétique orienté.

Une pièce de fer doux sous l'influence de ce champ peut s'aimanter à son tour : on dit qu'il est perméable mais cette aimantation ne dure pas.

Les *variations* de champ magnétique, obtenues par déplacement de l'aimant induisent, dans un fil conducteur (généralement enroulé sous forme de bobine), un courant électrique dont la *polarité dépend du sens* du champ magnétique. C'est le principe de la dynamo d'éclairage d'une bicyclette ou de tous les procédés de production de courant d'ailleurs (Rotors d'alternateur).

Inversement, des variations de courant électrique dans un fil ou une bobine produisent un champ magnétique orienté dans un sens *dépendant de la polarité.* Ce champ peut aimanter un morceau de fer doux (principe des électro-aimants) mais peut aussi *inverser le sens du champ magnétique* de certains aimants *permanents* tels la ferrite. C'est cette dernière caractéristique qui est la plus importante pour la réalisation de mémoires magnétiques.

Enoncé 17

Fabrication des mémoires magnétiques.

Eléments de corrigé

La ferrite évoquée ci-dessus est utilisée en deux versions pour réaliser des mémoires :

— «en volume» sous forme de petits anneaux appelés «tores» pour les mémoires centrales étudiées au chapitre 5;

— «en surface» par dépôt sur un support appelé à se déplacer à grande vitesse (bande, disques, tambour...).

Ce dernier procédé, plus ancien que les tores est toujours d'actualité et doit être développé quelque peu.

Sur un rouleau de matière plastique de très haute qualité (en «mylar» généralement), on dépose un enduit composé d'oxyde ferrique et d'un liant thermodurcissable. Ce dépôt a lieu sous forme d'une couche uniforme lors du dévidement du rouleau et sous l'action d'un champ magnétique très puissant. Tous les grains de ferrite sont ainsi orientés dans le même sens (inverse de celui du champ) avant d'être fixé par chauffage. Ce rouleau est ensuite découpé, après de minutieux contrôles de qualité, en ruban d'un demi-pouce de large dans le cas de conditionnement sous forme de bandes magnétiques (le procédé est un peu différent pour les disques et les tambours).

Enoncé 18

Principe d'enregistrement sur les surfaces magnétiques.

Eléments de corrigé

Les grains d'aimantation d'une surface magnétique se présentent tous orientés dans le même sens au sortir de la fabrique. Pour leur faire mémoriser des informations binaires, il faut que certains d'entre eux prennent une orientation inverse (pour représenter les 1 par exemple).

On utilise pour ce faire une *tête d'écriture électromagnétique* qui peut être assimilé à un petit électro-aimant. Elle comporte un noyau de fer doux recourbé en anneau et qui présente ainsi une légère fente appelé entrefer. Autour du noyau est enroulé un fil électrique formant bobine. D'après ce que nous avons rappelé

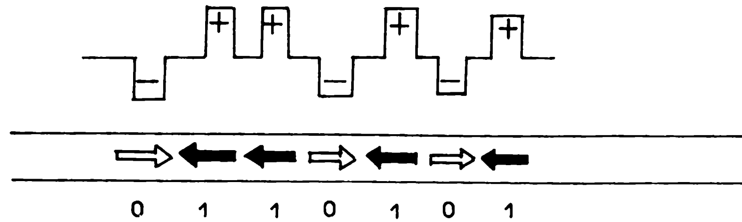


Figure 3.12 - Correspondance Polarité et orientation

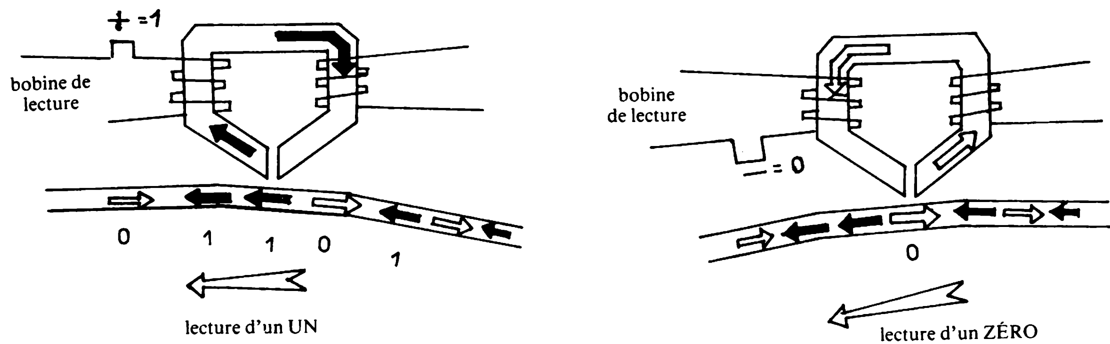


Figure 3.13 - Principe de fonctionnement d'une tête de lecture

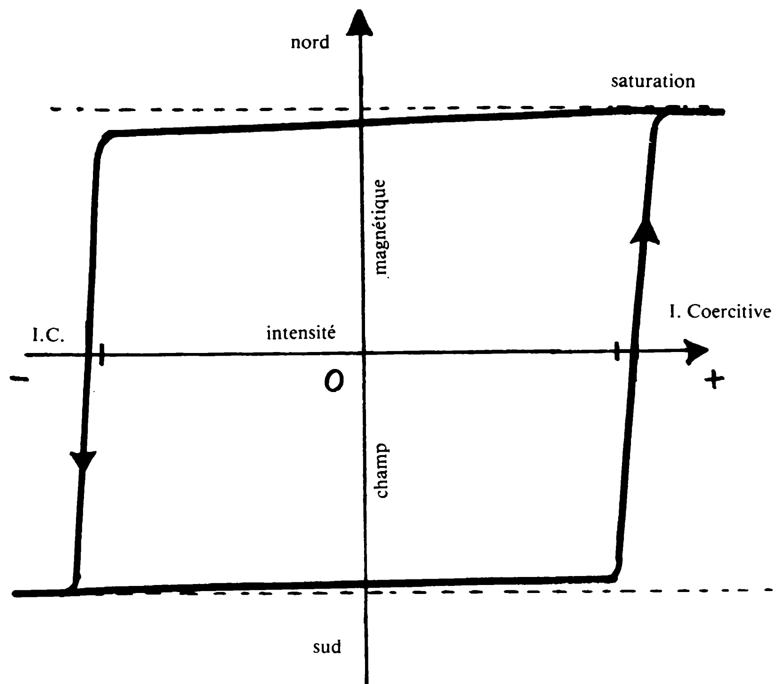


Figure 3.14 - Cycle d'Hystérésis de la Ferrite (presque rectangulaire)

sur les lois de l'induction électromagnétique, *l'apparition* d'un courant dans le fil engendrera un champ magnétique dans l'anneau. Si une surface magnétique se trouve à proximité de l'entrefer, elle risque d'être « influencée » par le flux magnétique s'en échappant (Figure 3.11).

Il faut bien entendu que l'intensité du champ et donc du courant soit suffisamment puissante pour forcer le grain magnétique proche de l'entrefer *à changer* de *sens d'aimantation* éventuellement. C'est évidemment ce que l'on s'efforce de réaliser en dépassant le seuil de réaction appelé *intensité coercitive.*

Reste à préciser le sens d'orientation désiré selon que l'on veuille écrire un ZÉRO ou un UN. On devine qu'il suffira de jouer sur la *polarité du courant* de la bobine. Un courant positif créera un champ tournant dans le sens des aiguilles d'une montre et un négatif dans le sens contraire (ou l'inverse, peu importe). Le grain magnétique proche de l'entrefer réagira dans le *même sens.* Il restera en l'état si son orientation originelle correspond à celle du champ de la tête ou « basculera » dans le cas contraire. Les impulsions arrivant successivement à la tête d'écriture devront être positives ou négatives selon les chiffres binaires à enregistrer et l'orientation des grains magnétiques, reflètera fidèlement ces valeurs binaires (Figure 3.12).

Enoncé 19

Principe de lecture des surfaces magnétiques.

Eléments de corrigé

Les lois de l'induction électromagnétique sont réversibles. En l'absence de tout courant dans la bobine d'écriture, le défilement de grains magnétiques devant son entrefer engendre par perméabilité des champs successifs dans l'anneau de fer doux. Chacun de ces champs est, bien entendu, orienté selon le sens du grain sous l'entrefer.

Installons alors une autre bobine de fil conducteur sur l'autre branche de l'anneau et nous récolterons sur le fil des impulsions *induites* par les champs de l'anneau qui la traverseront. Chaque impulsion sera sans doute très faible et il faudra l'amplifier mais l'essentiel est que sa *polarité* ne prêtera pas à confusion et reflètera la signification codique de l'aimantation du « grain » ainsi « lu » (voir Figure 3.13). Des impulsions apparaîtront également dans la bobine d'écriture, mais elles seront négligées, le dispositif fonctionnant exclusivement soit en lecture soit en écriture (comme sur un magnétophone).

Enoncé 20

Détails de fabrication des têtes de lecture-écriture.

Eléments de corrigé

Nous n'avons évoqué ci-dessus que les principes généraux de fonctionnement des têtes électromagnétiques. Elles comportent de nombreuses particularités de fabrication. Notamment elles peuvent ne comporter qu'une seule bobine jouant alternativement le rôle d'écriture ou de lecture, des commutations internes s'occupant du « tri » des impulsions.

Plus souvent encore, il existe deux têtes distinctes avec deux anneaux et deux entrefers ce qui permet une relecture immédiate après enregistrement.

D'autre part, nous n'avons évoqué ici que la lecture d'une seule suite de « tops » magnétiques alignés les uns derrière les autres sur ce que l'on appelle une piste d'enregistrement. Il arrive fréquemment que l'on lise ***plusieurs pistes en parallèle*** *avec plusieurs têtes évidemment (Bandes magnétiques notamment).*

La notion de basculement que nous avons évoquée ne doit pas se prendre au sens physique habituel; c'est le champ magnétique qui s'inverse sans ***aucun mouvement mécanique****. Mais la rapidité de ce basculement a une importance considérable sur la vitesse de lecture de la mémoire. Les meilleurs matériaux à cet égard doivent présenter un «* ***cycle d'hystérésis rectangulaire*** *». Ce terme fréquemment employé mérite explication.*

Sous l'action d'un courant puissant, un matériau magnétique se sature au maximum possible de son aimantation. Lorsque le courant cesse il conserve indéfiniment une aimantation rémanente plus ou moins importante selon les matériaux (presque nulle pour le fer doux, maximale pour la ferrite). Si on le soumet à un courant croissant mais de polarité contraire au précédent, le champ magnétique initial « résiste » dans sa première orientation avant de s'inverser brusquement. Si l'on représente ces variations sur un graphique (voir Figure 3.14), on comprend que plus le basculement sera rapide plus l'aspect de la « courbe » d'aimantation se rapprochera de l'image d'un rectangle. Actuellement, il est possible d'atteindre des vitesses de basculement inférieur à la microseconde. La figure 3.14. ne peut se comprendre sans considérer que l'augmentation de l'intensité est régulière dans le temps.

Enoncé 21

Bilan sur l'intérêt des surfaces magnétiques.

Eléments de corrigé

Rappelons une fois de plus qu'il s'agit de dispositif utilisant un magnétisme *rémanent ou permanent.* C'est cette caractéristique qui joue le rôle fondamental dans la mémorisation. Chaque grain magnétique garde indéfiniment son sens d'aimantation malgré le voisinage de milliers d'autres, d'orientation peut-être contraire. Une bande magnétique (ou un disque amovible) conserve ainsi leurs informations pendant des années, simplement rangés dans des armoires avec quelques précautions.

Or, ils peuvent stocker des dizaines de millions de chiffres ou lettres pour un prix très modique. Une bande magnétique ne coûte que cent francs et le « dérouleur » qui l'utilise se loue pour moins de mille francs par mois. Ils sembleraient donc constituer des solutions idéales au problème de la mémorisation.

Ils comportent toutefois une restriction d'emploi importante. Le lecteur aura remarqué que ces surfaces magnétiques doivent *défiler* sous les têtes de lecture; nous retrouvons les servitures de la force d'inertie. Que ce soit pour lancer un dérouleur de bande magnétique (à des vitesses de plusieurs mètres à la seconde) ou faire tourner un disque (jusqu'à 4000 tours/minute) il faut tenir compte des contraintes de cette force inéluctable. Il en résulte des pertes de temps importantes de plusieurs millisecondes (souvent des dizaines). A notre échelle humaine ces délais sont imperceptibles, mais les circuits logiques modernes fonctionnent avec des temps de réaction de l'ordre de quelques dizaines de NANO secondes; un million de fois plus vite.

Ces mémoires à surfaces magnétiques, dites encore cinématiques, ne sont donc pas une panacée universelle. Elles ne peuvent être utilisées que comme *auxiliaires et non comme mémoires principales.*

Nous aurons l'occasion d'y revenir fréquemment.

4 Les ordinateurs : description générale Les modes de traitement

Après avoir longtemps représenté un type de matériel bien défini découlant directement des machines à cartes perforées, les ordinateurs présentent aujourd'hui une grande variété de types et de modes d'utilisation. On peut y trouver trois explications : une baisse de prix continue et spectaculaire (30 % l'an), l'évolution des machines comptables et l'influence des télétransmissions appliquées aux données.

Nous décrirons d'abord l'ordinateur le plus classique dit, aujourd'hui, universel et modulaire, avant de dresser un tableau d'ensemble des divers types d'ordinateurs. Puis nous évoquerons les modes d'utilisation possibles de ces machines, notamment sous l'influence des télétransmissions.

Enoncé 1

L'ordinateur « classique » est-il une machine compacte ?

Eléments de corrigé

Absolument pas et son ancien nom d'« Ensemble Electronique de Traitement de l'Information » (E.E.T.I) était à ce point de vue beaucoup plus évocateur.

Il se compose de plusieurs éléments ou Unités très *hétérogènes* quant à leur aspect, leur rôle et surtout leur technologie. Certains sont d'un fonctionnement purement électronique et statique d'autres, électromagnétique voir électromécanique avec des contraintes dynamiques importantes quant à la réduction des vitesses due à la force d'inertie.

Tous ces éléments sont reliés entre eux par des câbles de gros diamètre (mais invisibles car passant sous un faux plancher). « L'ordinateur » ressemble ainsi beaucoup plus à un atelier ou à une pièce d'habitation meublée d'armoires, coffres et autres caissons métalliques, qu'à une machine unique et homogène.

De plus, les conditions de fonctionnement sont souvent très contraignantes et le local doit être climatisé.

Les exceptions à ce schéma général sont de plus en plus nombreuses mais, justement, donnent lieu à l'emploi d'autres termes significatifs tels que « ordinateur compact » ou ordinateur « convivial ».

Enoncé 2

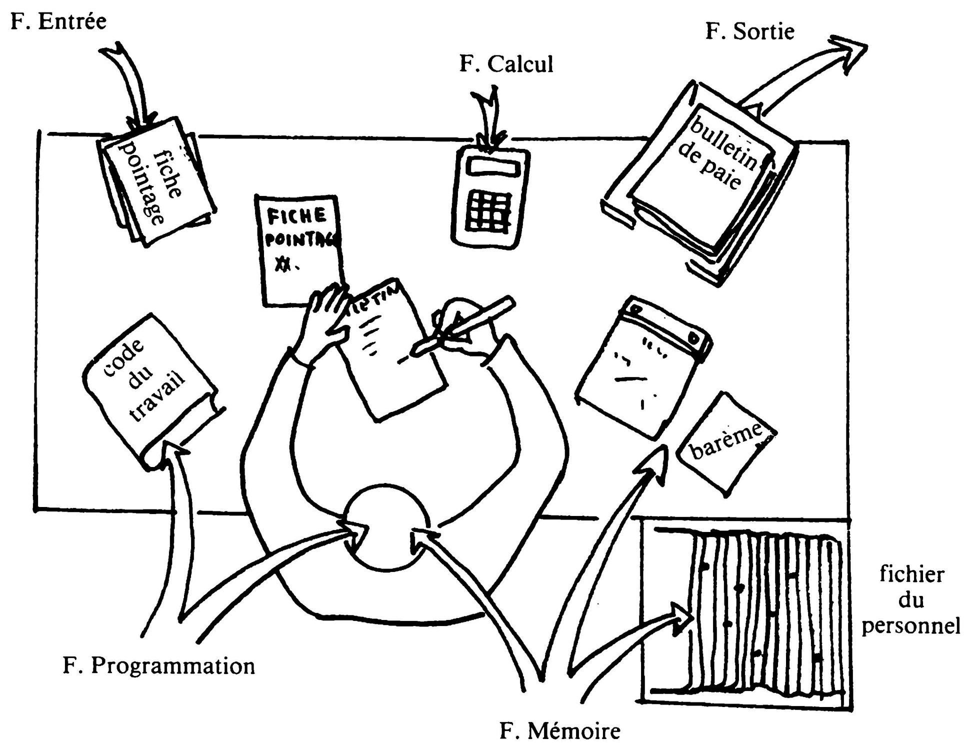


Figure 4.1 - Fonctions informatiques assurées par un employé effectuant la Paye

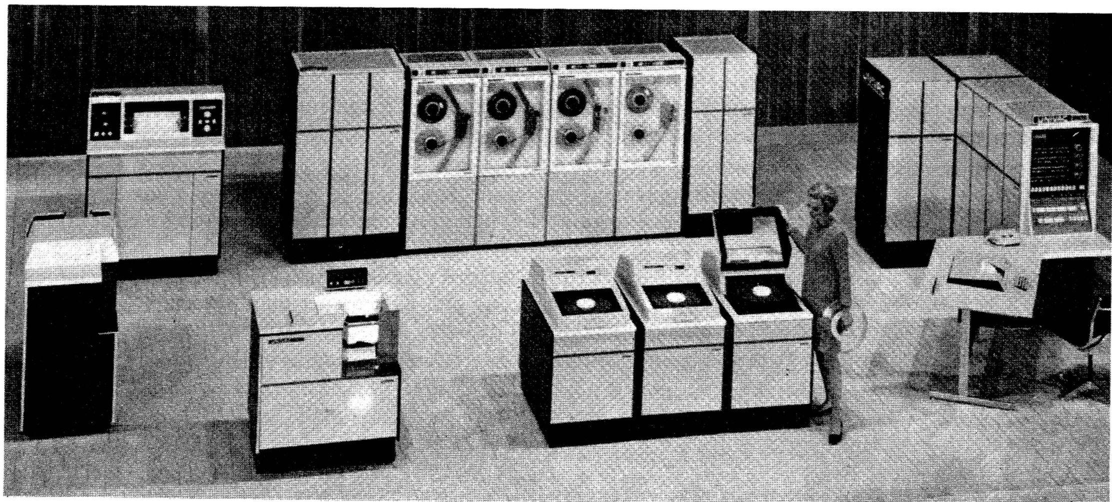


Figure 4.2 - Ordinateur « classique »

Quelles sont les fonctions assurées par un ordinateur ?

Eléments de corrigé

Dans le tome 1, nous avons découvert ces fonctions en partant d'une machine à calculer de bureau imprimante considérée comme le plus élémentaire des matériels de traitement de l'information.

Une autre approche peut consister en l'observation d'un employé de bureau au travail (Figure 4.1). Préconisée à l'origine par un constructeur (Control Data), elle a le mérite de démythifier la question mais présente, à notre avis, deux inconvénients ;

— d'abord elle illustre surtout un seul des modes de traitement possible et encore, le moins répandu (temps réel, voir énoncé 11).

— ensuite, elle pourrait faire croire à l'emploi d'une machine pensante ou intelligente comme le suggèrent complaisamment par ailleurs les termes publicitaires de « cerveau électronique » ou les applications mirobolantes de la presse (horoscope, tiercé etc...).

Il s'agit au contraire d'un « parfait imbécile » sans le moindre gramme de bon sens ni la moindre initiative.

De toute façon, on découvre l'existence de six fonctions indispensables et *correspondant chacune à des éléments très spécifiques* de « la » machine.

On distingue classiquement les fonctions suivantes :

— Fonction Calcul ;
— Fonction Introduction des données ou « Entrée » (Input) ;
— Fonction Extraction des résultats ou « Sorties » (Output) ;
— Fonction Mémorisation de résultats intermédiaires ou de constantes ;
— Fonction « Classement » au sens le plus large de « gestion de fichiers » (recherche, tri, rangement, mise à jour) ;
— Fonction Programmation permettant de faire travailler l'ordinateur de façon totalement automatique. C'est dans ce sens qu'il peut paraître « intelligent » pouvant effectuer des choix à condition que toutes les alternatives aient été prévues et dûment programmées par l'informaticien.

Enoncé 3

Composition d'un ordinateur classique ou universel utilisé en informatique de gestion.

Eléments de corrigé

Rappelons qu'il s'agit du type d'ordinateur le plus traditionnel et représentant encore la part du marché la plus importante (en valeur sinon en nombre) (Figure 4.2).

Tout ordinateur universel comporte deux parties :

— une Unité Centrale (U.C.) ;
— plusieurs « unités » ou « éléments » périphériques.

Ces éléments périphériques sont reliés par des câbles à l'unité centrale (et non pas directement entre eux) ce qui souligne immédiatement le rôle de transit ou de *plaque tournante* de cette U.C. (dite souvent C.P.U. Central Processing Unit en anglais). Ils ont tous en commun le fait de comporter une partie mécanique et d'avoir un temps de fonctionnement relativement long, s'évaluant en dizaine de *milli*secondes.

L'unité centrale au contraire est constituée de dispositifs « statiques » et sa vitesse de fonctionnement s'évalue en fractions de MICROsecondes. Ce *déséquilibre considérable* (dans le rapport de 1 à 100000) a entraîné des conséquences très importantes dans l'évolution de l'informatique.

Les éléments périphériques se répartissent en trois catégories spécifiques (Figure 4.3) :

— les unités d'entrée (Input unit) ;
— les unités de sortie (Output unit) ;
— les mémoires auxiliaires.

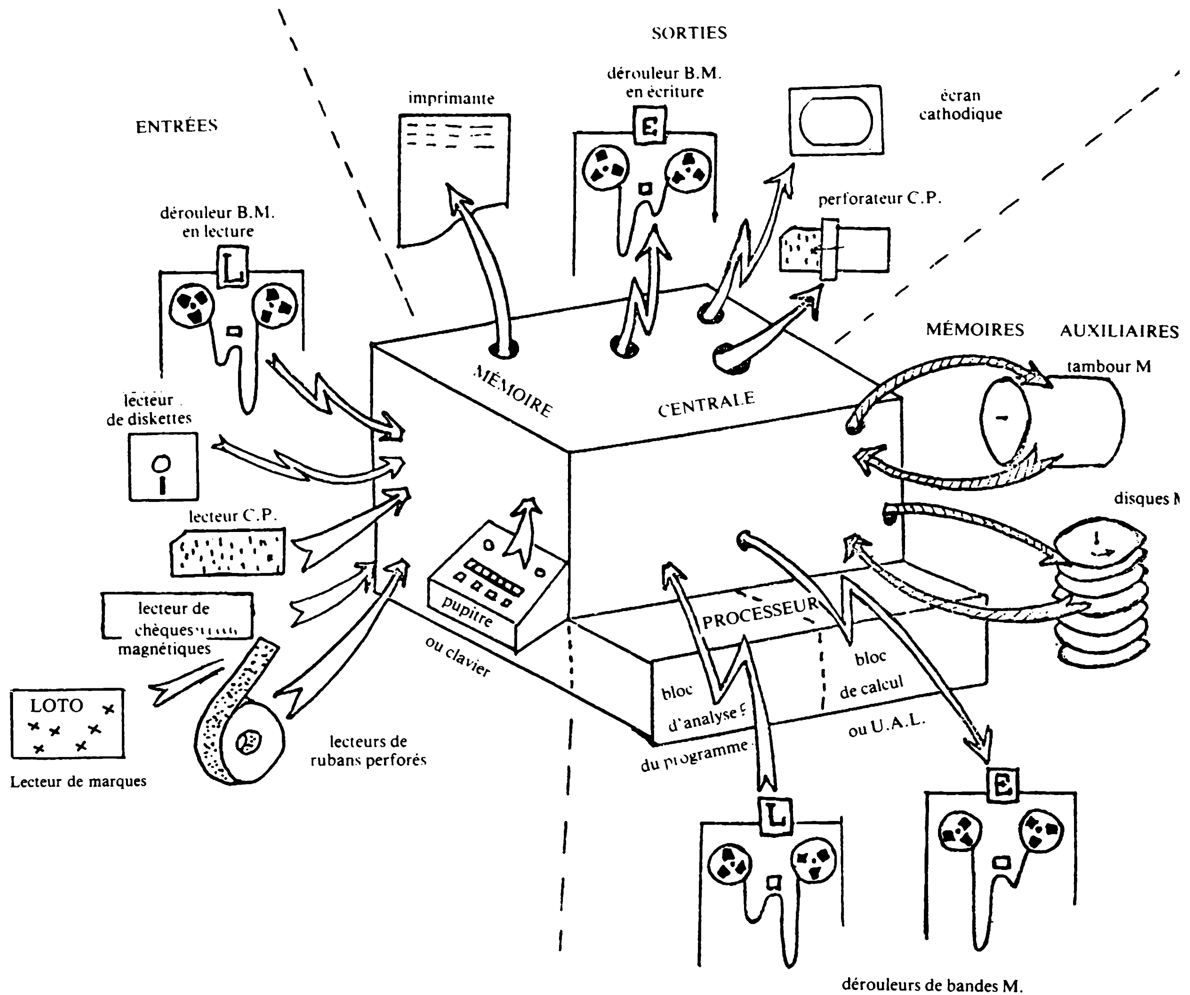


Figure 4.3 -
L'ordinateur et ses principaux
éléments périphériques

Enoncé 4

Composition de l'unité centrale.

Eléments de corrigé

On distingue trois ou quatre parties dans l'U.C. de tout ordinateur :
- la mémoire centrale;
- le processeur;
- le pupitre;
- les canaux (éventuellement).

La *mémoire centrale (R.A.M. Randon Access Memory en anglais)* qui peut être électronique (bascules bistables) ou magnétique (tores de ferrite) joue un double rôle :
- elle sert de lieu de stockage intermédiaire pour les données en attente de traitement ou les résutats en attente d'évacuation;
- elle stocke le ou les programmes en cours d'exécution sous forme d'instructions codées (programme dit enregistré).

Le *processeur* comprend d'abord les circuits électroniques de calcul mais aussi quelques registres de mémoire spécialisés. Cet ensemble est souvent appelé *« Unité Arithmétique et Logique »* (U.A.L.). Le processeur comporte une autre partie, en fait la *plus importante et la plus spécifique* de l'ordinateur : les décodeurs ou décrypteurs des instructions du programme parfois appelés bloc d'analyse ou bloc de commande.

Le *pupitre* est le tableau de bord de l'U.C. Un grand nombre de voyants ou autres procédés d'affichage indiquent en permanence les conditions de déroulement du programme. Des commutateurs, voire un clavier plus ou moins complet permettent au pupitreur d'intervenir dans ce déroulement, en cas de nécessité (démarrage, pannes, anomalies). En pratique, on peut dire que moins le pupitreur intervient, plus le déroulement des travaux est considéré comme satisfaisant.

Enfin, lorsque les éléments périphériques sont nombreux leur liaison avec l'U.C. se fait par l'intermédiaire d'« unités d'échange » appelées plus généralement « Canaux » (voir énoncé 10).

Enoncé 5

Les éléments périphériques d'entrée.

Eléments de corrigé

Ils permettent de lire les différents supports d'information utilisables actuellement.

Vu la filiation des ordinateurs, il n'est pas étonnant d'y trouver d'abord, un lecteur de cartes perforées pratiquement toujours présent (sauf sur les « ordinateurs de bureau »).

Tous les autres éléments d'entrée sont optionnels. Dans l'ordre de fréquence d'emploi décroissante on peut citer :
- des dérouleurs de bandes magnétiques;
- des lecteurs de rubans perforés;
- des lecteurs de documents marqués;
- des lecteurs optiques de documents;
- des lecteurs de chèques magnétiques;
- des lecteurs de minicassettes ou minidisques (diskettes).

Enfin, des claviers peuvent permettre d'introduire directement des informations dans l'unité centrale mais leur emploi est à considérer comme marginal sur l'ordinateur classique que nous décrivons présentement. Si cet emploi était prépondérant, il s'agirait soit d'un ordinateur de bureau soit d'une utilisation d'un réseau de téléinformatique mais plus d'ordinateur traditionnel (voir énoncés 9, 15, 16).

Enoncé 6

Les éléments périphériques de sortie ou d'extraction des résultats.

Eléments de corrigé

Ici encore, la descendance directe des ordinateurs des anciennes tabulatrices (voir tome 1) entraîne l'existence systèmatique d'une imprimante-parallèle ou « imprimante de lignes » (line printer). Les autres éléments sont optionnels :
— machines à écrire (dite imprimante-série);
— écran cathodique d'affichage;
— traceur de courbes (rare en gestion);
— répondeur téléphonique (sous certaines réserves).

Tous ces éléments sont destinés à rendre les résultats du traitement utilisables par un destinataire humain. Toutefois de nombreux résultats peuvent n'être que provisoires ou intermédiaires et devront être repris ultérieurement par la machine.

On trouve donc à titre d'unités de sortie des matériels symétriques aux unités d'entrée capables de créer automatiquement des « supports d'informations » réalisables mécaniquement et notamment :
— des perforateurs de cartes ou de rubans,
— des enregistreurs sur bandes magnétiques.

Fréquemment d'ailleurs, les deux éléments sont combinés dans une même « unité » tel par exemple les lecteur-perforateurs de cartes... ou même un lecteur de cartes-imprimantes dans le cas de « terminal lourd » (voir énoncé 14)

Enoncé 7

Les mémoires auxiliaires ou complémentaires.

Eléments de corrigé

Le chapitre précédent nous a fait découvrir les inconvénients majeurs des mémoires centrales : leur coût de revient et à un degré moindre leur encombrement. Chaque caractère à y stocker (chiffre ou lettre) après avoir été traduit en binaire, nécessite une vingtaine de transistors ou une dizaine de tores de ferrite (voir chapitre suivant).

Le moindre fichier, en informatique de gestion, nécessitera des volumes de plusieurs millions de caractères (par exemple un fichier moyen de 10000 clients avec quelques centaines de caractères indiquant toutes leurs caractéristiques commerciales, voire l'historique de leurs commandes).

Il serait ruineux de le loger en mémoire centrale. Pour « fixer les idées », précisons que le prix de vente d'une seule position de mémoire centrale (pour une lettre ou un chiffre décimal) est à peine inférieur à un franc. C'est pourquoi cette mémoire est réservée aux informations les plus précieuses que l'on doit exploiter avec le minimum de délai d'attente telle les instructions du programme en cours d'exécution.

Toutes les autres informations à stocker le sont sur des mémoires auxiliaires à surfaces magnétiques. Elles peuvent se présenter sous quatre formes :
— tambours magnétiques (de plus en plus rares);
— disques magnétiques sous plusieurs versions (amovibles ou non notamment);
— feuillets ou cartouches magnétiques pour les très grosses capacités;
— bandes magnétiques enfin avec des réserves quant au mode d'accès (séquentiel et non direct).

On notera que les bandes magnétiques apparaissent comme les « bonnes à tout faire » de l'informatique de gestion puisqu'on les trouve aussi bien en entrée, en sortie et sous forme de mémoire. Les chapitres suivants en préciseront les limites.

Enoncé 8

Les deux modes d'accès à une mémoire auxiliaire.

Eléments de corrigé

Cette notion de mode d'accès est tout à fait déterminante dans l'utilité et le choix d'une mémoire. Il existe en effet deux façons d'exploiter une surface magnétique : faire défiler *toutes* les informations qu'elle contient sous des têtes de lecture fixes et très peu nombreuses ou bien ne faire défiler qu'une faible part de ce fichier sous des têtes nombreuses ou déplaçables mais sélectionnées par programme. La Figure 4.4. illustre ces deux possibilités.

On voit dans la partie supérieure, qu'une information A va être lue par les têtes de lecture d'un *dérouleur de bande magnétique* avec un temps d'attente très court de quatre millisecondes environ. Cette durée représente le temps d'accélération de la bande normalement arrêtée. Par contre, si c'est l'information B que l'on désire, il faut faire défiler la moitié de la bande, ce qui risque de demander deux minutes. Cette façon de faire est caractéristique de *l'accès séquentiel* lequel doit faire défiler toutes les informations de la bande et vérifier *par programme* si celle que l'on vient de lire correspond à celle recherchée.

La figure inférieure au contraire représente une mémoire à accès sélectif (un tambour magnétique pour simplifier le dessin). Les informations sont enregistrées sur toute la surface de révolution du tambour sur des pistes concentriques. Il y a *une tête de lecture par piste* et le tambour *tourne en permanence* à la vitesse de 3000 tours minute. Il suffit de *«sélecter»* une des têtes de lecture, c'est-à-dire d'autoriser l'envoi des impulsions de lecture d'une seule piste vers l'unité centrale, ce qui suppose la connaissance de *l'adresse* de la piste intéressante. A ce moment, il est facile de calculer que le temps maximal d'attente sera de vingt millisecondes (un tour de tambour) quel que soit l'emplacement de l'information recherchée et dix millisecondes seulement en moyenne (cas de l'information B).

La conséquence pratique de cette différence de mode d'accès est que les fichiers logés sur bande magnétique doivent être *classés dans un ordre rigoureux* et que l'on doit avoir besoin des informations qu'ils contiennent selon la même séquence de rangement et encore de façon *assez fréquente.* Il serait en effet irrationnel de lire toute une bande pour accéder à une ou deux informations seulement, le temps d'attente s'évaluerait en minutes. Avec l'accès sélectif au contraire, quelque soit l'ordre ou la fréquence des besoins, il s'agira toujours d'une attente *maximale* de vingt millisecondes, près de 10000 fois moins.

Enoncé 9

Les différentes catégories d'ordinateurs.

Eléments de corrigé

Actuellement, le modèle classique d'ordinateur que nous venons de décrire comporte de nombreuses variantes parfois très révolutionnaires.

Pour essayer d'y mettre un peu d'ordre, ne serait-ce qu'au point de vue vocabulaire, un tableau synoptique s'imposait (Figure 4.5).

Comme toute systématisation, il peut comporter quelques simplifications abusives et nécessite quelques commentaires.

Il comporte huit rangées correspondant à huit classes de matériels assez typées pour lesquelles nous avons conservé la terminologie la plus usitée bien qu'elle soit parfois ambiguë. Les cinq dernières correspondent aux classes de prix retenues par le S.F.I.B. (1).

Quatre colonnes de «fonctions» (dont deux dédoublées) permettent de préciser, dans les cartouches obtenues par l'intersection des rangées, les caractéristiques les plus spécifiques du matériel considéré, dans l'optique de chacune de ces fonctions.

(1) Le S.F.I.B. (Syndicat national des Fabricants d'ensembles Informatiques, de Bureautique et de leurs applications télématiques) a pris la suite de la C.O.T.T.I. (Commission du Traitement et de la Transmission de l'Information), commission intersyndicale des fabricants et importateurs de matériels électroniques créée en 1966.

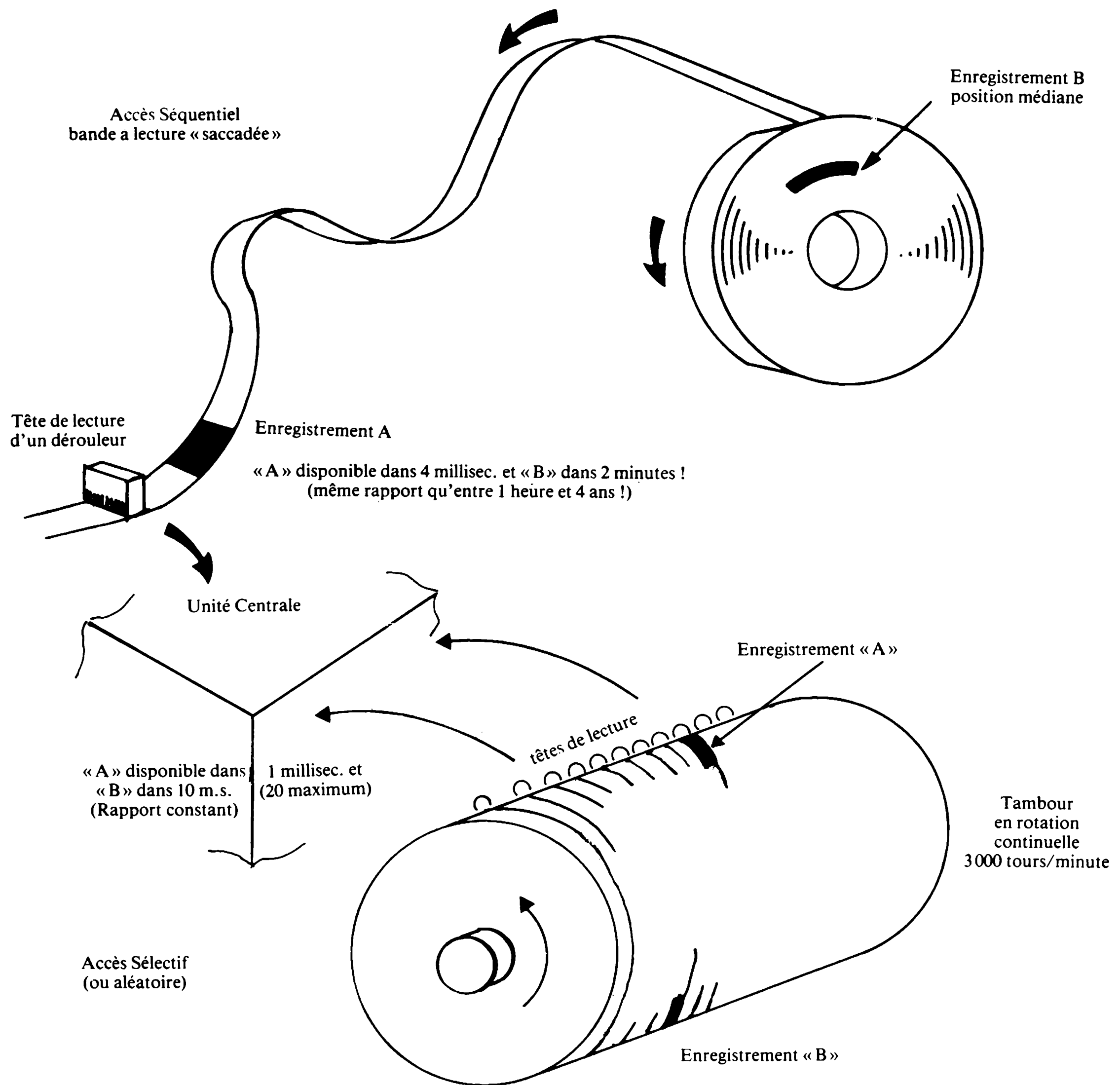


Figure 4.4 - Les deux modes d'accès possibles sur une mémoire auxilaire

TYPES ou CATÉGORIES	MOYENS D'ENTRÉE des DONNÉES	MOYENS de SORTIE PRINCIPAUX vitesse SI IMPRESSION	MÉMOIRES — CENTRALE: CAPACITÉ en kilo-octets	MÉMOIRES — CENTRALE: TECHNOLOGIE ET ORGANISATION	MÉMOIRES — AUXILIAIRES: CAPACITÉ EN MILLIONS octets	MÉMOIRES — AUXILIAIRES: TYPES (ACCÈS SÉLECTIF)	LOGICIEL — LANGAGES DE PROGRAMMATION	LOGICIEL — SUPPORTS EXTERNES	PRIX d'ACHAT en Milliers de FFS	Nombre en Service en FRANCE
CALCULETTE PROGRAMMABLE	CLAVIER NUMÉRIQUE	AFFICHAGE PAR L.E.D.	< 0,1	REGISTRES		—	«MACHINE»	«CLAVIER» CARTE MAGNÉTIQUE	< 3	?
MICRO-ORDINATEUR OU PETIT SYSTÈME INDIVIDUEL	CLAVIER DISQUETTES	AFFICHAGE SUR ÉCRAN	⩽ 48 8	R.A.M. R.O.M.	< 2	DISQUETTES	INTERPRÉTATIF. BASIC A.P.L.	DISQUETTE	< 30	> 100000
MINI-ORDINATEUR INDUSTRIEL	CAPTEURS DIVERS RUBANS PERFORÉS	ÉCRAN COMMANDE DE «DISPOSITIFS»	⩽ 16	MOTS COURTS 4 ou 8 bits	< 5	MONODISQUE	ASSEMBLEUR FORTRAN	«CLAVIER» RUBAN PER.	< 100	?
ORDINATEUR DE BUREAU	DOUBLE CLAVIER COMPTES à P.M. MINICASSETTE	IMPRIMANTE SPÉCIALE A INTRODUCTEUR FRONTAL	⩽ 64	R.A.M. 8 bits ou TORES	< 5	d°	ASSEMBLEUR PROGICIELS	COMPTES à P.M. MINICASSETTE	de 50 à 250	80000
MINI-ORDINATEUR ou PETIT SYSTÈME DE GESTION	CLAVIER DISQUETTES CARTES PERFORÉES	ÉCRANS IMPRIMANTE SÉRIELLE < 200 car/sec	⩽ 128	R.A.M. 16 bits ou OCTETS	< 50	DISCPACKS	G.A.P. MINICOBOLS	CARTES PERF. DISCPACKS		
ORDINATEURS UNIVERSELS OU CLASSIQUES — PETITS ou BAS de GAMME	CARTES PERFORÉES DISQUETTES	IMPRIMANTES DE LIGNES > 300 l/m.	⩽ 512	R.A.M. à 32 bits ou OCTETS	< 200	DISCPACKS	FORTRAN COBOL O.S. pour MULTIPROGRAMMATION	d°	250 à 1600	30000
ORDINATEURS UNIVERSELS OU CLASSIQUES — MOYENS	CARTES PERFORÉES BANDES MAGNÉT. LECTURE OPTIQUE C.M.C.7	IMPRIMANTES DE LIGNES > 1000 l/m.	⩽ 2M	d°	> 500	DISQUES FIXES + BANDES MAGNÉT.	d° + P.L. 1	d°	1600 à 7000	3600
ORDINATEURS UNIVERSELS OU CLASSIQUES — GRANDS ou HAUT de GAMME	Tous les PRÉCÉDENTS + TÉLÉTRANSMISSIONS	IMPRIMANTE SANS IMPACT > 10000 l/m. + TERMINAUX	> 2M	R.A.M. à MOTS LONGS + MÉMOIRE VIRTUELLE	> 1000 30000	d° + CARTOUCHES MAGNÉT.	TOUS LANGAGES MULTITRAITEMENT S.G.B.D. TEMPS PARTAGÉ	d° + TÉLÉTRAITEMENT	> 7000	1400

Figure 4.5 Essai de classification des ordinateurs *en service* (Pour les modèles les plus récents, les capacités seraient bien supérieures et les tores sont abandonnés; voir figure 15.2).

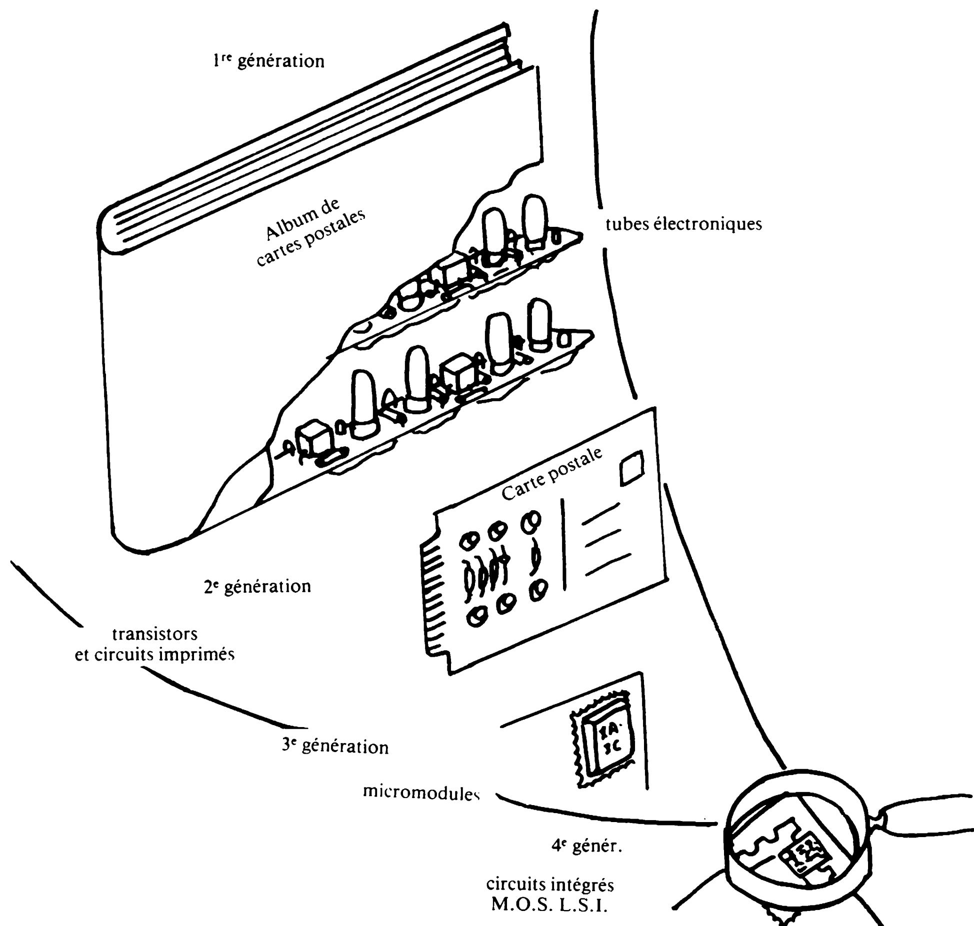


Figure 4.6 - Les Progrès dans la réduction de volume des circuits et composants électroniques

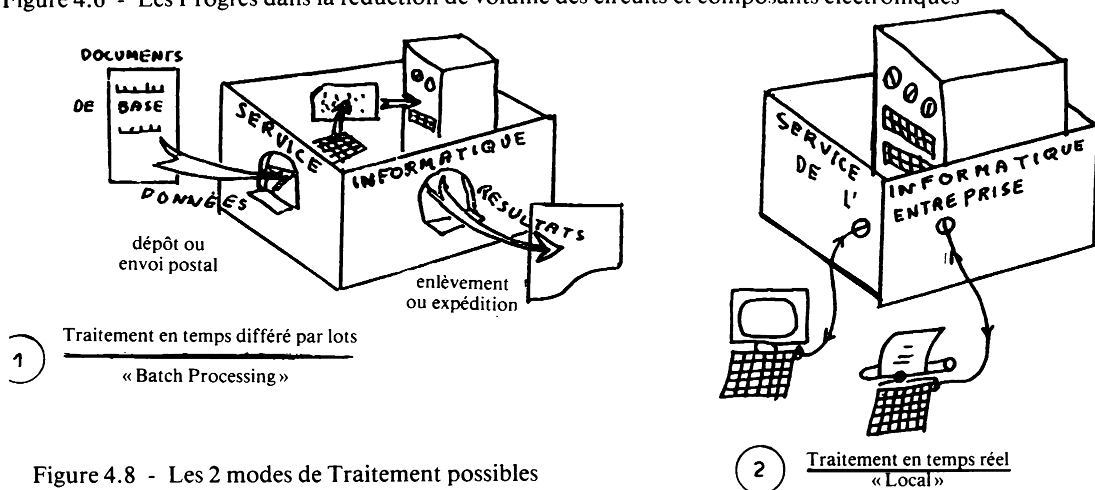


Figure 4.8 - Les 2 modes de Traitement possibles

Les fonctions «calculs» et «classement» n'ont pas été retenues dans cette classification considérant qu'elles étaient bien sûr toujours présentes[1] mais surtout qu'elles n'apporteraient pas des nuances importantes entre les différents matériels (vitesse de calcul toujours considérable et classement dépendant surtout du logiciel).

Beaucoup de précisions de ce tableau peuvent paraître prématurées; la suite du cours les éclaircira.

La première et la dernière rangée correspondent aux matériels les moins faciles à définir.

Nous n'avons pas mentionné les **microprocesseurs** qui sont destinés à être insérés dans un matériel plus important et très spécialisé : contrôleur de transmission ou de processus industriels par exemple. Pour ce faire, ils sont souvent organisés au long d'un BUS, sorte de canal interne, auquel peuvent se connecter toutes sortes d'éléments spécialisés. Ils peuvent toutefois être munis d'un clavier et d'un système d'affichage qui les apparenteraient à des super-calculatrices de poche.

Les «systèmes haut de gamme» englobent les ordinateurs multiprocesseurs travaillant dans un environnement de télétransmissions systématique et souvent sous forme de TIME-SHARING (voir énoncé 18).

Les renseignements statistiques fournis par les deux colonnes de droite proviennent de la dernière enquête annuelle effectuée par le S.F.I.B. au 1er janvier 1982 pour les seuls matériels d'une valeur supérieure à 50 KF. (115000 en y incluant les ordinateurs de bureau).

Le sigle R.A.M. (Random Access Memory) est utilisé dans son «sens restreint» de *mémoire électronique* par *opposition* aux mémoires à tores de ferrite.

Enoncé 10

Les quatre générations d'ordinateurs.

Eléments de corrigé

Il est possible maintenant de donner quelques précisions sur les différences suffisamment importantes qu'ont pu présenter les ordinateurs au cours de leur évolution pour pouvoir justifier ce terme de génération qui a eu surtout un intérêt publicitaire.

On peut caractériser les générations de deux points de vue :

— technologique, notamment vis-à-vis des circuits de calcul et des mémoires centrales,

— commercial, relativement à la composition de l'ensemble électronique.

Les progrès technologiques au niveau des circuits logiques (calculs ou registres-mémoires) ont été extraordinaires et se résument de façon spectaculaire par une comparaison classique.

Pour une même capacité de traitement nécessitant un volume équivalent à celui d'un album de collection de cartes postales dans les ordinateurs de première génération, on se contentait de celui d'une seule carte pour la deuxième et d'un timbre-poste pour la troisième. Aujourd'hui, il s'agirait de celui des dents du timbre. (voir figure 4.6).

Cette extraordinaire réduction s'explique par l'abandon des tubes électroniques et des câblages au profit des transistors et des circuits imprimés (1958), puis des micromodules (1965) et des circuits intégrés L.S.I. (Large Scale Integrated 1972).

Du point de vue commercial et architecture d'ensemble, l'évolution a été encore plus intéressante pour les utilisateurs.

Les ordinateurs de première génération utilisaient pratiquement comme éléments périphériques, les machines à cartes perforées traditionnelles et des tambours magnétiques comme mémoires centrales.

(1) Sauf pour le classement, impossible sur les matériels de la 1re rangée et limitée sur ceux des 2e et 3e.



Figure 4.7 - Les liaisons de l'unité centrale avec ses périphériques

La deuxième génération vit apparaître des éléments périphériques nouveaux (bandes magnétiques) et surtout les mémoires à tores de ferrite mais l'ensemble restait assez *rigide* et très spécifique. Un ordinateur se définissait par un type unique, par exemple le « 1401 IBM » dont les variantes étaient très peu nombreuses et la programmation très spécifique.

La troisième génération inaugura la notion de *série* (série 360 IBM) dans laquelle la composition de l'ordinateur devenait très *modulaire* à tous points de vue. La taille et la vitesse des unités centrales pouvaient être choisies dans une *gamme très large* dans des rapports de 1 à 100 !... Les éléments périphériques très nombreux et très variés se connectaient à volonté sur n'importe quel modèle et *pouvaient se remplacer* « sur le site » en quelques heures.

Un slogan caractérisa cette évolution : « l'ordinateur qui grandit avec les besoins de l'entreprise ». La programmation des différents modèles était devenue *compatible* et le logiciel très développé permettait le travail en multiprogrammation (voir chapitre 9).

Le terme de quatrième génération n'a pas été proposé par les constructeurs bien que des possibilités nouvelles comme la mémoire virtuelle ou la téléinformatique jointe à des baisses de prix spectaculaires ouvrent certainement une ère nouvelle de l'informatique. La modularité et la compatibilité se sont d'ailleurs étendues à *l'ensemble des constructeurs,* certains se spécialisant dans des périphériques compatibles (Memorex, Ampex, BASF, etc...) connectables à *n'importe quelle* unité centrale.

Enoncé 11

Les liaisons entre l'Unité centrale et les périphériques.

Eléments de corrigé

L'augmentation du nombre et de la diversité des éléments périphériques crée des problèmes nouveaux que les ordinateurs de troisième génération ont résolu de façon originale.

En effet, les différents supports de l'information utilisés par les éléments périphériques (cartes ou rubans perforés, documents optiques ou à caractères magnétiques, bandes ou disques magnétiques, impulsions téléphoniques, etc...) présentent des contraintes de vitesse de défilement et de codification des informations excessivement variées. Le déséquilibre avec la vitesse de fonctionnement statique de l'U.C. est considérable et les modalités de commande et de contrôle des périphériques sont très spécifiques. Pour toutes ces raisons, on intercale entre la mémoire centrale d'un ordinateur et ses éléments périphériques, une sorte d'ordinateurs ajoints dits « unité d'échange » ou unités de gestion des « entrées-sorties » ou plus simplement « canaux » (figure 4.7) qui jouent un rôle déterminant en multiprogrammation.

Provisoirement, on peut résumer le rôle des canaux en disant qu'ils *uniformisent* les codes et les vitesses des éléments périphériques vis-à-vis de la mémoire centrale aussi bien en entrée qu'en sortie... Leur étude sera approfondie dans les chapitres 5 et 9, certains d'entre eux assurant le fonctionnement simultané de plusieurs périphériques.

*On rencontre également fréquemment un deuxième intermédiaire entre le canal et les éléments périphériques appelé **« Unité de contrôle »**. Son rôle est plus économique que technique. En effet, tout élément périphérique comporte une partie mécanique relativement lente et toute une « logique de contrôle électronique » excessivement rapide qui assure les asservissements et vérifications indispensables. Lorsque plusieurs éléments périphériques **de même nature** sont connectés (cas fréquent pour les bandes magnétiques notamment), il est facile et économique de ne prévoir qu'une seule « logique électronique » pour contrôler le fonctionnement mécanique de plusieurs périphériques identiques (jusqu'à huit généralement). Cette logique unique est logée soit dans un meuble distinct, soit dans le carter du premier périphérique connectable dit alors « maître », et les autres « esclaves ».*

Enoncé 12

Les différentes utilisations de l'ordinateur ou modes de traitement.

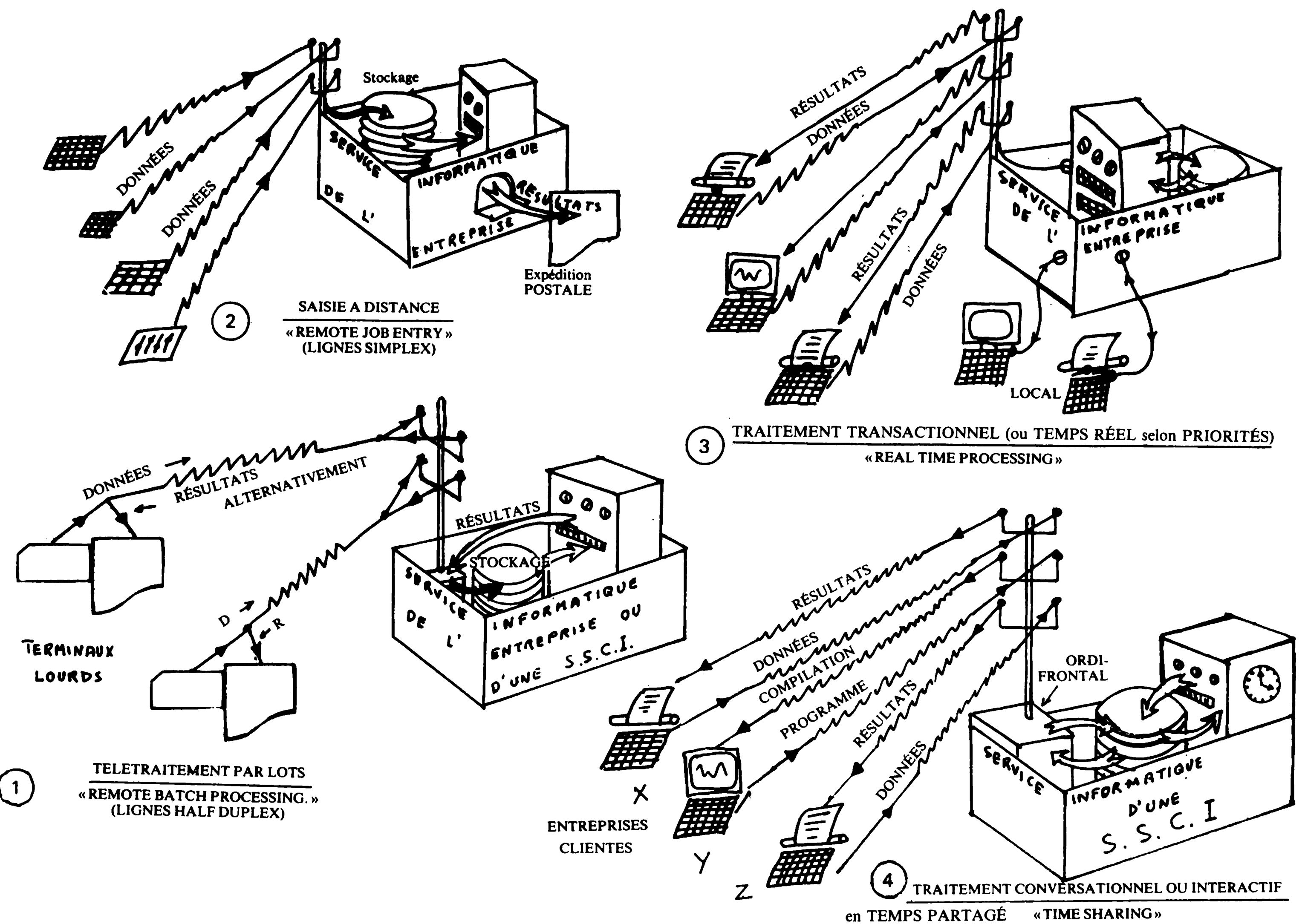


Fig. 4.9 - LES QUATRE VARIANTES DU TELETRAITEMENT.

Eléments de corrigé

Pendant très longtemps, les ordinateurs se sont cantonnés dans le mode de traitement déjà utilisé dans les systèmes de machines à cartes perforées : le *traitement par lots* (Batch Processing). Ce traitement n'est pas le plus naturel et se trouve imposé par des considérations de mise en œuvre des matériels. Il consiste à attendre d'avoir à traiter une masse ou un lot d'informations jugé suffisamment important pour pouvoir déclencher une chaîne d'opérations dans des conditions rentables. Il était de règle avec l'emploi de fichiers de cartes ou sur bandes magnétiques. *L'accès séquentiel* à ces supports exigeait en effet des tris fréquents et des passages nombreux de volumineux fichiers qui ne pouvaient être rentables que pour traiter un nombre de cas acceptable. Il en résultait évidemment un décalage important entre l'introduction des données et la fourniture des résultats.

Un autre mode de traitement est rendu possible par *l'accès direct* aux fichiers stockés sur mémoire adressable. Il n'est plus «ruineux» alors de ne traiter qu'une seule information (une commande par exemple) puisqu'il est possible d'accéder à tous les fichiers de façon quasi instantanée en intégrant au traitement principal toutes les transactions complémentaires. Par exemple, en même temps que l'on calculera une facture on assurera la gestion des stocks et mettra à jour les statistiques de ventes. Il s'agit alors de *traitement intégré* que l'on appelle aussi «*transactionnel*» ou en *temps réel.*

Il convient de faire une réserve pour ces derniers termes. Ils ne sont convenables que si l'introduction des informations (le contenu de la commande dans notre exemple) s'effectue également ***directement par un clavier*** *et non plus après avoir créé un support de l'information (carte ou bande magnétique). Nous savons qu'alors il ne s'agit plus d'un ordinateur classique mais d'un* ***ordinateur de bureau*** *ou d'un système multiposte travaillant en multiprogrammation.*

Soulignons encore que ce traitement en temps réel suppose que les programmes nécessaires (facturation, stocks, statistiques) soient stockés en permanence dans la mémoire centrale de l'ordinateur. Ceci ouvre deux possibilités :
- *ou bien l'ordinateur de bureau ne fait que de la facturation intégrée : on dira qu'il est «dédié» à ce problème;*
- *ou bien il doit être muni d'un système de multiprogrammation encombrant et coûteux.*

On voit donc que ce «temps réel» n'est pas une panacée, ce qui explique qu'il ne soit pas d'un emploi majoritaire en informatique de gestion (Figure 4.8).

Enoncé 13

La téléinformatique.

Eléments de corrigé

Depuis l'avènement inavoué de la quatrième génération, il est loisible de travailler à distance sur un ordinateur.

Les canaux permettent en effet de relier l'unité centrale à un grand nombre de périphériques disséminés sur tout le territoire par l'intermédiaire de lignes téléphoniques. Des contraintes nouvelles apparaissent en raison des modes de codification P.T.T. nécessitant l'emploi de MODEMS (Modulateur - Démodulateur) et d'une tarification assez coûteuse; elles seront étudiées au chapitre 14.

Les éléments périphériques portent le nom de terminaux ou E.T.T.D. (Equipement Terminal de Traitement de Données). De nombreux modes de traitement sont alors concevables (Figure4.9).

Enoncé 14

Traitement par lots à distance.

Eléments de corrigé

*Cette variante du traitement par lot appelée «Remote Batch Processing» est assez facile à imaginer. Les informations à traiter parviennent par ligne téléphonique, sont **stockées sur mémoires** auxiliaires ou **transformées en supports** traditionnels (cartes, rubans ou bandes). Les résultats sont **réexpédiés** par la même voie mais avec un décalage de temps appréciable. Ils nécessitent généralement un moyen d'impression local et une ligne téléphonique assez rapides mais pouvant fonctionner «à l'alternat» (HALF DUPLEX) : le périphérique nécessaire est alors dit **«terminal lourd»** car comportant lecteur de cartes et imprimante rapide assez encombrants et coûteux (schéma 1).*

Dans cette version du télétraitement, le décalage de temps pour la publication des résultats est considéré comme supportable d'où une limitation très économique : la «saisie à distance» dite «Remote Job Entry» (R.J.E.).

Le terminal sert toujours à introduire les données dans l'ordinateur mais les résultats sont expédiés par poste, éventuellement à un destinataire différent et la ligne peut alors fonctionner dans un seul sens (SIMPLEX) (Schéma 2).

Par exemple, on peut imaginer des représentants passant leurs commandes directement par un clavier de «terminal léger» (avec un moyen de visualisation de la frappe) mais ne recevant aucun résultat en retour, les factures étant adressées aux clients par la poste.

Enoncé 15

Télétraitement en temps réel (Real Time Processing).

Eléments de corrigé

Comme pour le temps réel local, l'obtention des résultats doit être très rapide avec un temps d'attente supportable pour la transaction. Ceci entraîne de nombreuses complications :

- *d'abord la ligne téléphonique doit être assez rapide et fonctionner dans les deux sens simultanément (full duplex);*
- *le terminal doit être capable d'éditer les documents en retour de traitement, assez rapidement (un simple écran ne suffit plus);*
- *enfin et surtout l'ordinateur doit être très perfectionné avec un **système d'exploitation sophistiqué** assurant les traitements en multiprogrammation c'est-à-dire en étant capable d'appeler interrompre ou reprendre plusieurs programmes selon les besoins des différents correspondants en respectant des niveaux de priorité éventuels.*

Des nuances plus subtiles peuvent être envisagées et ont reçu des noms qu'il est bon de connaître.

*Le **«traitement transactionnel»** suppose que le correspondant local utilise toujours les mêmes programmes selon des consignes précises (Schéma 3).*

*Le **«traitement conversationnel»** ou **«interactif»** introduit une plus grande souplesse instaurant un véritable «dialogue» entre l'utilisateur terminal et l'ordinateur central. Ceci peut aller jusqu'à l'introduction de programmes nouveaux, propres à chaque utilisateur (Schéma 4).*

Enoncé 16

Le «time sharing» ou «temps partagé».

Eléments de corrigé

Cette version, la plus complexe du télétraitement, est surtout remarquable d'un point de vue économique. En effet, les utilisateurs des terminaux et les propriétaires du système informatique central ne dépendent plus de la même entreprise. Ceux-là ne participent aux frais de location de

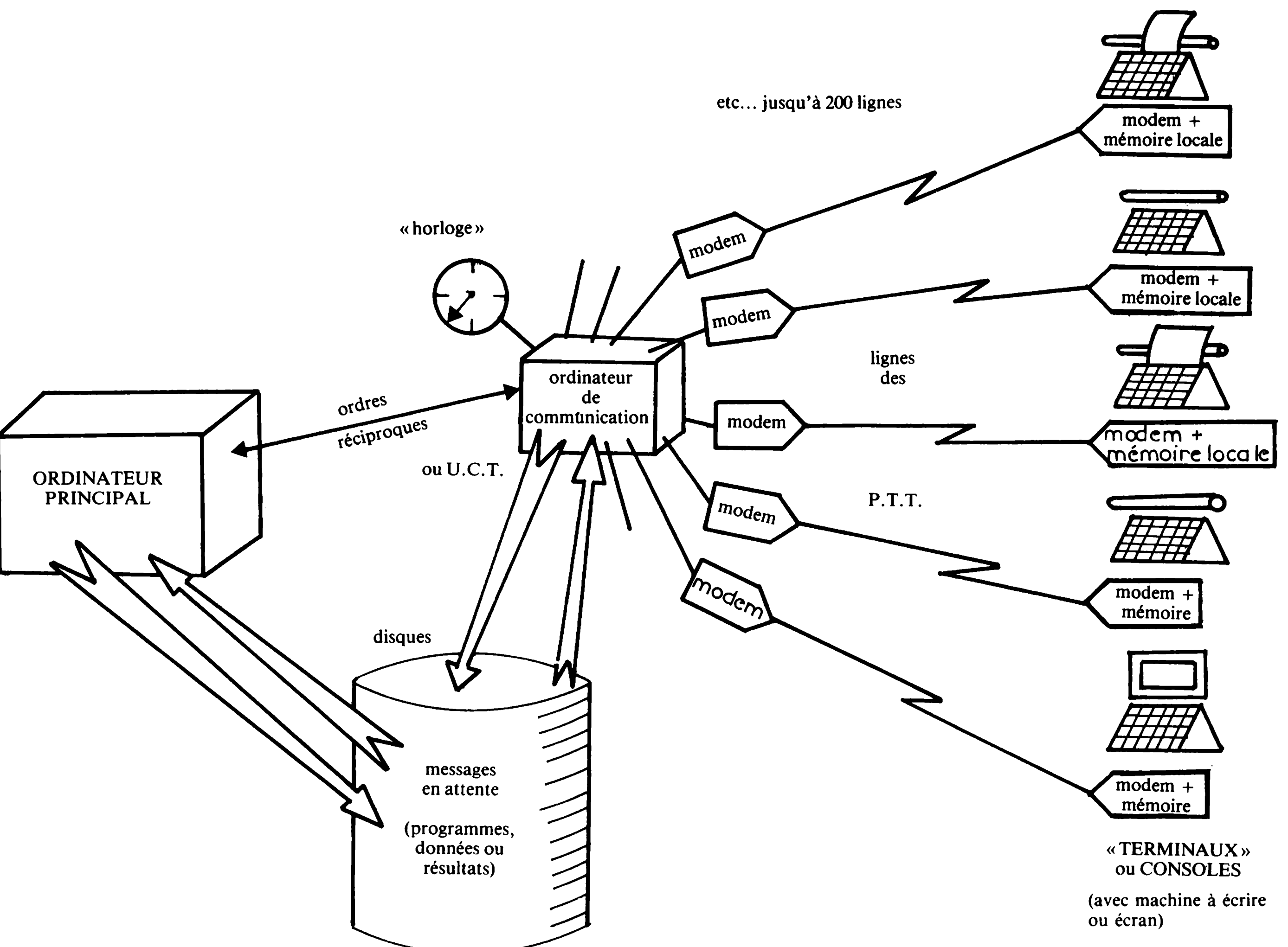


Figure 4.10 - Organisation générale d'un réseau de Time Sharing

l'ordinateur qu'au *prorata de leur temps d'utilisation réel.* Par contre, le coût du terminal *leur est* totalement imputable. C'est en quelque sorte la version la plus moderne de la *sous-traitance* informatique. Chaque possesseur de terminal a ainsi l'impression de disposer pour lui seul des possibilités de traitement d'un puissant ordinateur qu'il peut programmer à distance et utiliser à sa guise.

Bien entendu, l'organisation du système est techniquement très complexe. Le principe général consiste à accorder à tous les terminaux demandant à intervenir quelques fractions de secondes d'unité centrale, successivement, à tour de rôle. Les temps de réaction de l'utilisateur humain étant voisin de la minute (lecture du message de l'ordinateur, puis frappe de nouvelles informations), près d'une centaine d'utilisateurs peuvent ainsi avoir l'impression d'être desservis «simultanément» mais, au niveau de l'ordinateur, les «acrobaties» de multiprogrammation et de stockages intermédiaires sont extrêmes (voir Figure 4.10).

L'organisation de l'ensemble est d'une effarante complexité mais quelques dizaines de «façonniers informatiques» (dont l'Administration des postes britannique) ont mis au point de tels réseaux dans le monde, avec utilisation de transmission par satellite pour certains d'entre eux.

5 L'unité centrale de l'ordinateur

Ce chapitre abordera l'étude de l'unité centrale sous un angle essentiellement descriptif. Son fonctionnement ne peut être approfondi sans quelques notions de programmation que nous n'évoquerons qu'au chapitre 9.

Nous décrirons successivement les trois parties fondamentales de toute U.C. moderne : le processeur, la mémoire centrale et les canaux.

Enoncé 1

Composition du processeur.

Eléments de corrigé

On a récemment pris l'habitude d'appeler processeur, l'ensemble constitué par «l'unité *arithmétique et logique*» d'une part et les *circuits de commande* qui interprètent les instructions du programme et en contrôlent le déroulement, d'autre part.

Ce regroupement se justifie à trois points de vue :

— Technologique d'abord, car cette partie de l'unité centrale a toujours été constituée de circuits logiques électroniques;

— Commercial ensuite, car c'est le «cœur» de la machine qui lui donne son nom et ne peut être ni modulé ni remplacé par des éléments provenant d'autres constructeurs (contrairement à la mémoire centrale);

— Spécifique enfin, car les caractéristiques de programmation d'un ordinateur découlent directement de la composition et de l'organisation des circuits de son processeur (voir chapitre 9).

En outre, à la disposition de l'U.A.L. et du bloc de commande existent de nombreux registres de mémoire dont les rôles seront approfondis plus loin.

Enoncé 2

Schéma logique des circuits.

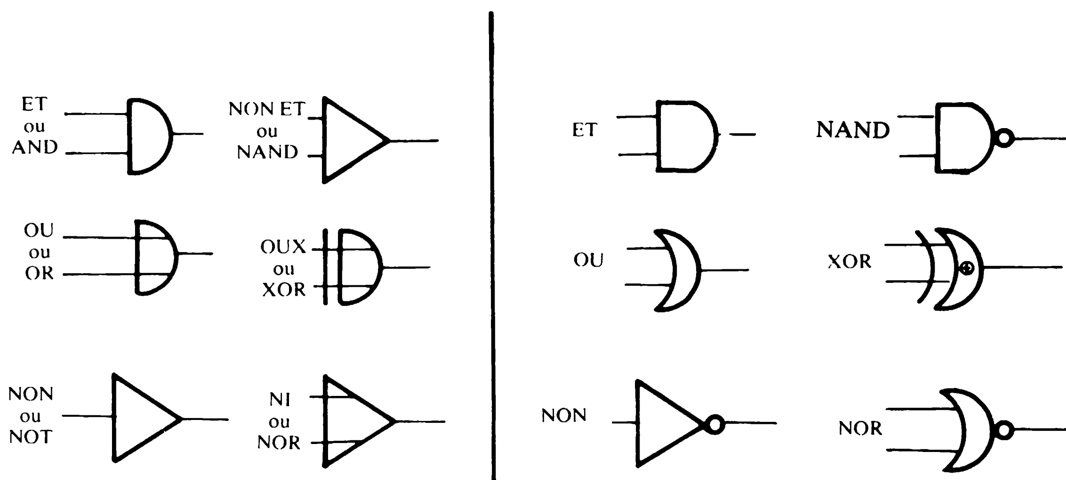


Figure 5.1 - La Symbolisation des circuits logiques dans les logigrammes

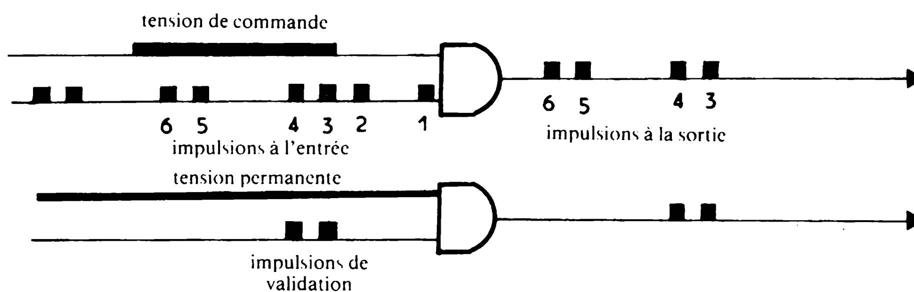


Figure 5.2 - Circuits ET utilisés comme Conditionneur ou Commutateur

Il faut imaginer que les impulsions circulent de gauche à droite en parfait synchronisme sur les 2 conducteurs d'entrée.

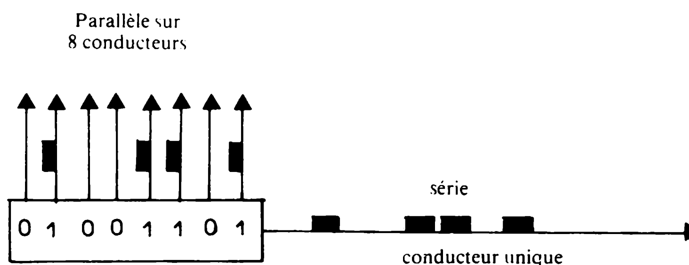


Figure 5.3 - Les 2 modes de transmission possible à partir d'un registre-mémoire à 8 bits.

Eléments de corrigé

Le chapitre 3 nous a fait découvrir les similitudes existant entre les propositions logiques et la numération binaire. Les différents circuits logiques qui portent généralement le nom de PORTES (Gates) permettent de réaliser toutes sortes de commandes ou de combinaisons qui vont assurer le fonctionnement de l'ensemble du processeur.

Les schémas logiques des différents montages ou LOGIGRAMMES permettant de comprendre les principes de fonctionnement (et non les détails de fabrication), utilisent des symboles précis malheureusement standardisés sous deux versions (voir Figure 5.1). Celle de droite est plus proche des véritables schémas de fabrication à cause de la fréquence d'emploi des circuits NAND et NOR (repérables par le petit cercle) et de son origine anglo-saxonne.

Enoncé 3

Utilisation des circuits logiques pour les commandes.

Eléments de corrigé

Un des rôles les plus importants du circuit ET consiste à servir de ***commutateur*** «temporel» encore appelé *conditionneur.*

La Figure 5.2. illustre cette possibilité. Une entrée du circuit ET reçoit, par exemple, un train d'impulsions venant de la lecture continue d'un support quelconque. Pour ne transmettre vers la mémoire centrale **qu'une partie de ces impulsions,** il suffit d'appliquer à l'autre entrée une tension d'une durée correspondante au temps de défilement de la portion de support que l'on veut lire.

Inversement une tension continue provenant d'une mémoire (bascule bistable, voir énoncé 10) sera transformée en impulsion de sortie par l'envoi d'une impulsion de commande à la 2e entrée du conditionneur (voir énoncé 11).

Le rôle du circuit ET comme dispositif de calcul pour la multiplication est théorique. En fait, pour la simplification des montages, toutes les opérations arithmétiques utilisent un additionneur construit à base de circuit OUX (ou exclusif).

Enoncé 4

Transmission série ou parallèle.

Eléments de corrigé

La circulation des impulsions dans les circuits du processeur peut se faire de deux façons distinctes (Figure 5.3) importantes à bien comprendre car lourdes de conséquences.

Comme dans l'exemple de l'énoncé précédent, les impulsions peuvent se suivre et défiler dans un conducteur, c'est la transmission-série.

Au contraire, les impulsions peuvent emprunter des conducteurs réservés et défiler alors simultanément : c'est la transmission-parallèle.

Selon que le constructeur privilégie la transmission-parallèle ou la transmission-série, le processeur obtenu est plus rapide ou plus économique. Pendant très longtemps cette nuance caractérisait deux types d'ordinateurs : les ordinateurs scientifiques travaillant en parallèle et les ordinateurs de gestion utilisant la série. Les différences tendent aujourd'hui à s'estomper.

En pratique, on rencontre souvent un compromis notamment en sortie de mémoire centrale utilisant des «codes binaires étendus» (6 bits, ASCII ou EBCDIC, revoir chapitre 2) consistant à transmettre en parallèle au niveau des bits (6, 7 ou 8) et en série au niveau des caractères appelés bytes en anglais et octets en français (pour le code EBCDIC seulement).

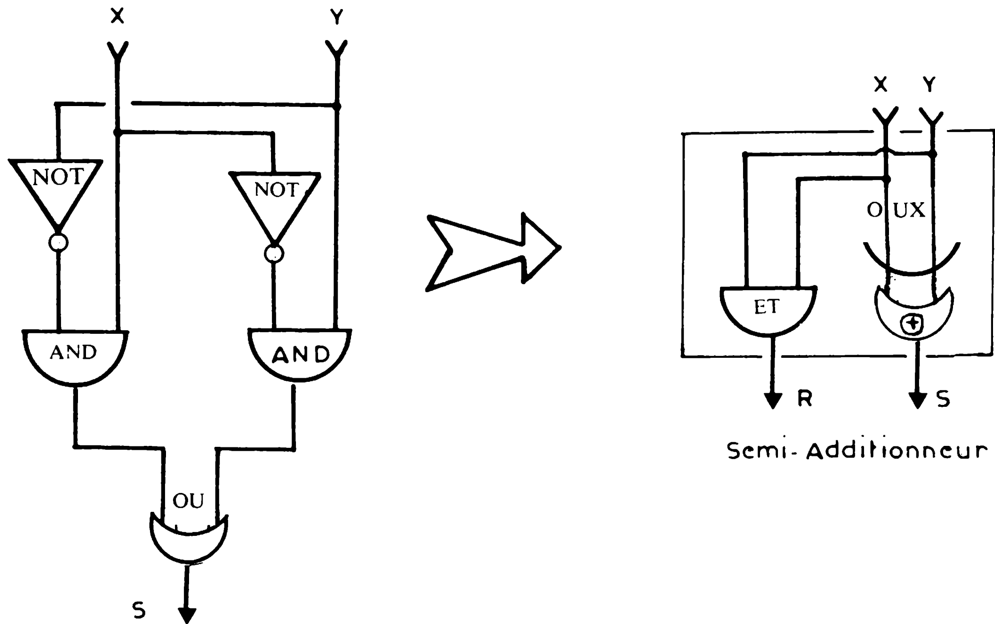


Figure 5.4 - Montage d'un circuit OUX transformé en Semi-Additionneur par adjonction d'un circuit ET pour les REPORTS.

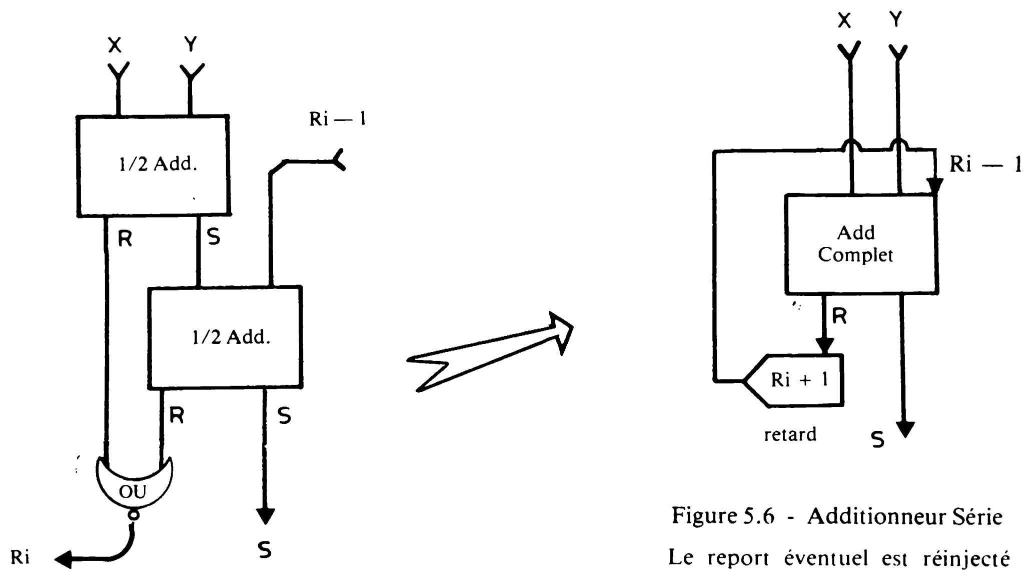


Figure 5.5 - Additionneur Complet

Figure 5.6 - Additionneur Série

Le report éventuel est réinjecté au «cycle» suivant i + 1

Enoncé 5

L'unité arithmétique et logique (U.A.L.).

Eléments de corrigé

L'U.A.L. comprend essentiellement les circuits de calcul et les quelques registres-mémoires qui leur sont indispensables. En fait, ces circuits utilisent un montage unique appelé additionneur ou Adder qui permet de réaliser les quatre opérations arithmétiques binaires par des artifices économiques déjà rencontrés pour les matériels étudiés dans le tome 1.

La soustraction se réalise par addition du nombre *complémentaire.* Par exemple 14 — 8 donnerait en binaire 1 110 — 1 000.

```
                          1 110
On effectuera en réalité + 0111    complément de 1 000
                         ------
                          10101
```

Le 1 de gauche, dit de report, est renvoyé sur la position de droite pour parfaire le résultat.

```
 0101
+   1
-----
 0110   =   6 en décimal.
```

Si le résultat était négatif, il n'y aurait pas de report et il faudrait prendre le complément du nombre obtenu :

```
Exemple : 14 — 16    = 01110
                     + 01111    complément de 10000
                     -------
                       11101
```

soit après complémentation 00010 ou — 2

La multiplication s'obtient par additions avec décalage, ce qui revient d'ailleurs à appliquer la table de multiplication binaire (revoir chapitre 2 énoncé 9) et la division par soustractions successives (additions complémentaires) du diviseur (voir exemple en décimal dans le tome 1 chapitre 6).

Enoncé 6

Logigramme de l'additionneur.

Eléments de corrigé

La table d'addition en binaire (revoir Figure 2.7) correspond exactement au circuit OUX dit ou exclusif ou dilemne (revoir Figure 3.4) à ceci près qu'il peut apparaître un report lorsque les deux entrées sont à 1.

Il suffit donc de réaliser un montage comprenant un circuit OUX pour la somme et un circuit ET pour le report.

Le « OU exclusif » est un circuit complexe qui nécessite l'emploi de deux inverseurs (NON) de deux conditionneurs (ET) et d'un mélangeur (OU) comme le fait comprendre la Figure 5.4. En y ajoutant un circuit ET en parallèle pour le report, on obtient l'additionneur recherché.

Mais celui-ci ne travaille que pour deux chiffres binaires « i » provenant chacun de deux nombres différents X et Y. Il est certain que ces nombres comprennent plusieurs bits. Il faut donc transmettre le report éventuel vers l'addition des chiffres de rang supérieur mais surtout tenir compte du ***report*** *éventuel provenant d'un* ***rang inférieur*** *:* Il y a donc dans un additionneur trois entrées : Xi, Yi et Ri-1 (report de rang inférieur) et deux sorties : Si et Ri.

Le montage de la figure 5.4. est donc incomplet. Il correspond à ce que l'on appelle un ***semi-additionneur*** *ou half-adder car il faudra un deuxième montage semblable pour combiner la sortie S (somme) obtenue au niveau « i » avec le report éventuel* ***précédent*** *Ri - 1 (Fig 5.5).*

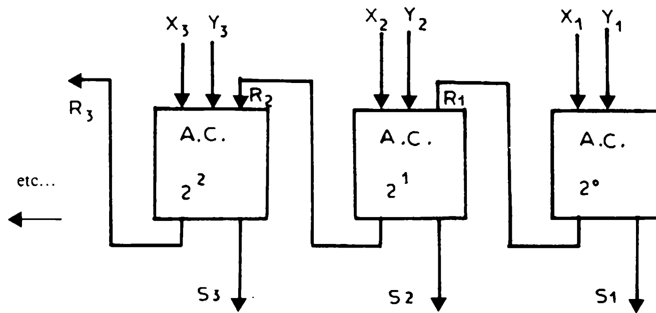


Figure 5.7 - Additionneur Parallèle pour 3 bits

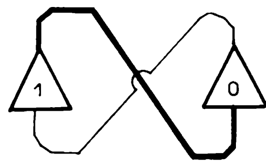


Figure 5.8 - Logigramme de
Principe de Bistable
(le trait épais symbolise une tension de sortie)

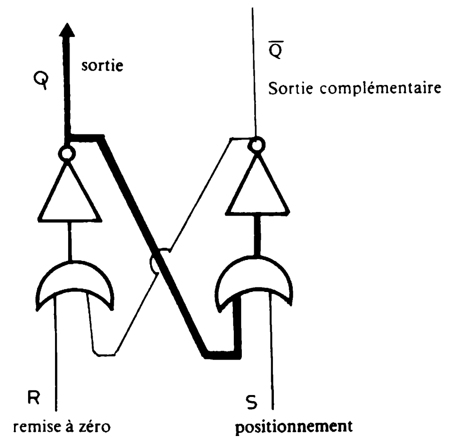
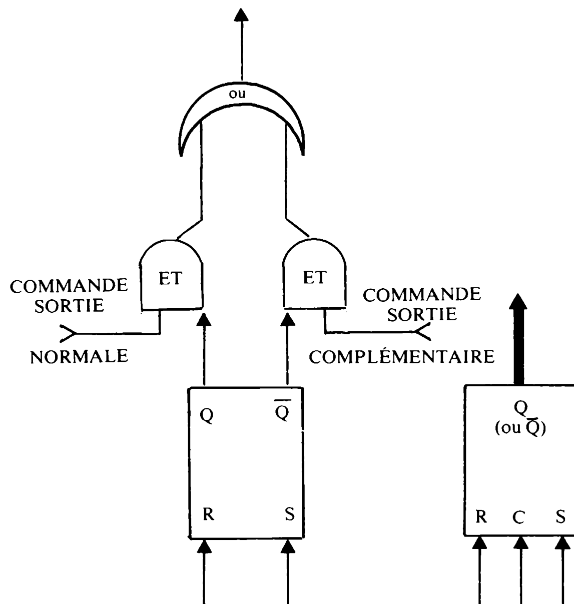


Figure 5.9 - Logigramme de Bistable
(on pourrait simplifier le schéma
en utilisant des circuits NOR)



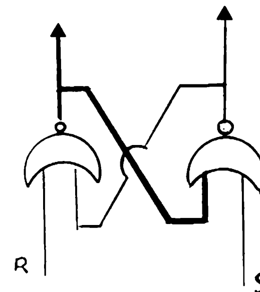


Figure 5.10 - Représentation schématique
d'un BISTABLE...
RÉELLE à gauche, SIMPLIFIÉE à droite

Enoncé 7

Les deux types d'additionneurs.

Eléments de corrigé

L'additionneur ci-dessus étudié ne travaille que pour un couple de chiffres binaires de même rang. On peut l'utiliser successivement pour tous les chiffres des deux nombres à additionner à condition de ***retarder d'un «cycle»*** *l'envoi du report éventuel obtenu pour l'addition de deux bits de rang i, pour en disposer au rang i + 1. Un montage dit dispositif-retard réalise ce décalage temporel et l'ensemble est appelé* ***additionneur-série*** *(Figure 5.6).*

Si l'on désire augmenter la vitesse de calcul, il faut utiliser un additionneur-parallèle comportant autant d'additionneurs complets binaires que le nombre peut comporter de bits (voir Fig. 5.7). Bien entendu, ici encore, vitesse et prix de revient sont inversement proportionnels.

Sur les calculatrices de poche, on trouve généralement un seul additionneur complet travaillant en série. Sur les processeurs les plus rapides, Il peut y en avoir 32 (registres de 32 bits) ou davantage.

Enoncé 8

L'unité ou bloc de commande (ou d'analyse).

Eléments de corrigé

Le bloc de commande encore appelé «unité de contrôle» non sans risque de confusion, est principalement chargé d'interpréter les instructions du programme. Pour ce faire il comprend :
— un décodeur de fonction (ou de code opération)
— un décodeur d'adresses
— un compteur ordinal (assurant le déroulement séquentiel du programme)
— de nombreux «indicateurs»

Comme signalé en tête de chapitre, il n'est pas possible d'étudier plus avant le fonctionnement du bloc de commande sans tenir compte de la programmation que nous n'abordons qu'au chapitre 9.

Signalons toutefois qu'en plus de circuits logiques «câblés», le bloc de commande utilise aussi des micro-programmes stockés à demeure dans des «mémoires mortes» (R.O.M. : Read Only Memory). Ce compromis a reçu le nom de FIRMWARE intermédiaire entre le HARD (matériel, câblage, circuits) et le SOFT (programmes proprement dits).

Enoncé 9

Rôle et nature des registres-mémoires.

Eléments de corrigé

Aussi bien l'U.A.L. que le bloc de commande ont besoin pour leur fonctionnement de pouvoir stocker les informations binaires qu'ils traitent ou décryptent. Pour conserver une homogénéité de conception et surtout travailler à des vitesses voisines sinon identiques, les mémoires assurant ces stockages provisoires doivent être de même technologie que les circuits logiques de calcul ou de commande c'est-à-dire électronique.

On utilise pour ce faire des montages particuliers dits bascules ou basculeurs bistables voire simplement «*bistables*» ou encore flip-flops déjà mentionnés à l'énoncé 13 du chapitre 3. Ils y étaient présentés sous leur aspect technique (deux transistors s'interbloquant) essentiellement pour en souligner le coût de revient trop important pour être d'un emploi universel.

Nous en approfondirons le fonctionnement essentiellement sous l'angle logique. Le principe de l'interblocage se réalise très facilement avec deux ***inverseurs*** *(circuits NON) dont la sortie de l'un attaque l'entrée de l'autre (voir Figure 5.8). Si la sortie de l'inverseur de gauche est* ***sous tension,*** *celle-ci appliquée à l'entrée de celui de droite ne provoquera l'apparition d'aucun courant ni à la sortie de droite ni à l'entrée de gauche, ce qui confirme l'hypothèse de départ (sortie de l'inverseur gauche sous tension puisque l'entrée n'y est pas). Cette situation peut* ***durer indéfiniment,*** *tant que la machine est alimentée électriquement. La proposition inverse est tout aussi valable d'où le nom de bistable. La mémorisation est ainsi réalisée par cet* ***autoblocage permanent.*** *Pour pouvoir l'utiliser c'est-à-dire provoquer à volonté l'enregistrement d'un 1 ou la remise à zéro, il suffit de munir le logigramme d'une entrée d'enregistrement dite S (SET : positionnement) d'une entrée de remise à zéro dite R (RESET ou Remise à l'état initial) et d'une sortie généralement appelée Q.*

Ces ajouts se font par l'intermédiaire de circuits OU (anti-retours) l'entrée R intéressant l'inverseur de gauche et la S celui de droite. La sortie Q est branchée sur la sortie de l'inverseur de gauche. Une deuxième sortie Q (Q-Barre) permet de tester l'état de l'inverseur de droite fournissant l'état COMPLÉMENTAIRE (Figure 5.9).

Enoncé 10

Fonctionnement et fabrication du bistable.

Eléments de corrigé

Reprenons l'hypothèse précédente, l'inverseur de gauche ayant sa sortie Q sous tension signifie que le bistable a mémorisé le chiffre binaire UN. Une impulsion de commande d'enregistrement sur l'entrée S à droite n'a pas de sens dans cette situation (elle ne changerait rien). La seule opération valable est de ***remettre d'abord le bistable à zéro*** *en utilisant l'entrée R puis d'envoyer sur S le chiffre à enregistrer. Une impulsion provoquera alors l'enregistrement d'un 1 ; son absence laissera le* ***bistable à zéro.***

Pour simplifier nous admettrons qu'il n'arrivera jamais deux impulsions simultanées sur les entrées R et S, ce qui donnerait un résultat aléatoire.

En pratique, des circuits supplémentaires évitent ce risque et prévoient deux autres commandes permettant l'utilisation des sorties « Q ou Q-Barre » pour obtenir le ***complément binaire*** *de son contenu.*

Dans les schémas qui suivront, un bistable sera conventionnellement représenté comme indiqué par la Figure 5.10. La sortie Q est placée au milieu et représentée en trait épais pour rappeler qu'elle émet une tension continue lorsque le bistable a enregistré un 1.

La fabrication des bistables nécessite deux transistors qui réalisent directement les deux circuits NOR (NON OU) et une dizaine de composants passifs dont la Figure 3.10. du chapitre 3 donnait une idée de la complexité de montage.

Enoncé 11

Les différents types de registre.

Eléments de corrigé

Les bistables que nous venons de longuement étudier sont assemblés en nombre variables pour constituer les registres du processeur (Figure 5.11).

On peut distinguer les types suivants :
— les registres de calcul dit accumulateurs, dans lesquels sont systématiquement envoyés les résultats des opérations arithmétiques notamment de l'addition ;
— les registres à décalages utilisés pour les multiplications ;

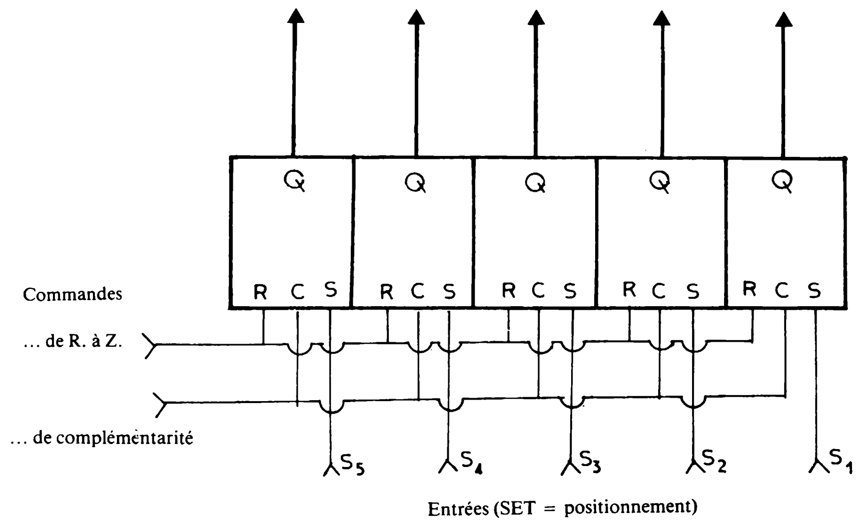


Figure 5.11 - Registre à 5 positions binaires

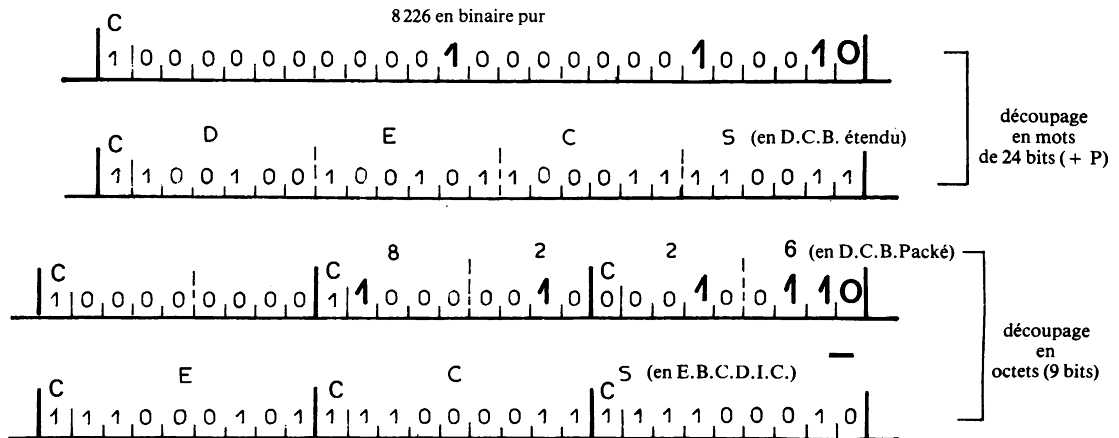


Figure 5.12 - Exemples de « découpage » d'une mémoire centrale.
Les clés de contrôle de « non-parité » rendent impair le nombre de Uns

— les registres-mémoires banalisés à la disposition du programmeur;
— les registres d'instructions dans lesquels sont stockées une à une, les instructions du programme lors de leur décodage;
— divers indicateurs de capacité très réduits (2 ou 3 bits) servant à mémoriser le résultat d'une opération de comparaison ($<$ $=$ $>$), l'apparition d'un report ou dépassement de capacité, la disponibilité d'un canal, le test de parité des enregistrements, etc...;
— les registres d'index dont le rôle sera étudié dans le cadre de la programmation;
— etc...

Enoncé 12

Rôle et constitution de la mémoire centrale.

Eléments de corrigé

Bien que le processeur joue le rôle le plus actif dans l'unité centrale, la puissance de traitement d'un ordinateur dépend surtout de la capacité de la mémoire centrale.

En effet les registres de mémoire électronique sont toujours en nombre réduit et leur contenu varie sans cesse au gré des calculs et du déroulement du programme. Leur très grande vitesse de fonctionnement nécessite de disposer rapidement de grandes masses d'informations à traiter et surtout des instructions de programmes correspondantes.

Une mémoire centrale doit donc stocker à la fois le plus possible d'informations *en attente de traitement,* et la totalité des *instructions* du (ou des) programme en cours d'exécution. De plus, les résultats élaborés par le processeur doivent transiter par la mémoire avant d'être «publiés» par les éléments périphériques de sortie.

Enfin, une partie importante du «système d'exploitation», «batterie de superprogrammes» gérant l'ensemble de l'ordinateur, doit y résider en permanence.

Pour toutes ces raisons, les mémoires centrales d'ordinateurs universels présentent toujours des capacités de stockage s'évaluant en centaines de milliers de positions binaires (ou dizaines de milliers d'octets).

La technologie de ces mémoires centrales a beaucoup varié selon les époques. Constituées par un tambour magnétique lent et coûteux dans la première génération, elles connurent un essor remarquable grâce à l'invention des tores en ferrite qui marquèrent le début de la deuxième génération. De plus en plus perfectionnées, ces mémoires à tores équipent encore quelques anciens ordinateurs toujours en service. Toutefois, elles sont maintenant abandonnées au profit des mémoires électroniques dites monolithiques. Dans ce dernier cas, elles sont désignées sous le nom de R.A.M. (Random Access Memory) pour les distinguer des registres de capacité plus réduite.

Enoncé 13

Découpage et adressage des mémoires centrales.

Eléments de corrigé

Quelle que soit leur technologie souvent «transparente» à l'utilisateur, les mémoires centrales se caractérisent surtout par leur système d'adressage correspondant à la façon dont les bits sont regroupés.

En effet, il n'est pas possible d'accéder à une seule «position *binaire*» (ce qui ne serait d'ailleurs que de peu d'intérêt). Ces positions sont toujours regroupées en paquets plus ou moins importants et forment ce que l'on appelle un «*mot*» qui est repérable par une *adresse (Figure 5.12).*

Le nombre de bits ainsi regroupés est très variable selon les types d'ordinateur mais ils sont toujours accompagnés d'un «bit de contrôle» dit «CHECK» (parfois 2) permettant *lors de chaque transfert* un contrôle systématique rigoureux de la conservation intégrale des «codes binaires» de l'information.

On peut distinguer trois types de regroupement :

— les mémoires à *mots courts* de 8 à 16 bits (plus un bit de contrôle)[1] très fréquentes dans les mini-ordinateurs et ordinateurs de bureau ;

— les mémoires à *mots longs* de 24 à 60 ou 100 bits (plus bits de contrôle)[1] sur les matériels «orientés calculs scientifiques» ;

— les mémoires *à octets* ou mots de 8 bits (+ 1 de contrôle) sur la majorité des ordinateurs de gestion.

Un système d'adressage hybride permet parfois de considérer quatre octets comme formant un mot de 32 bits (notamment pour l'enregistrement des programmes).

Enoncé 14

Conséquence du mode de découpage sur la capacité réelle de la mémoire et sur l'adressage.

Eléments de corrigé

Dans les mémoires à mots, deux modes d'enregistrement sont possibles (Figure 5.12, lignes supérieures : mémoire à 24 bits) :

— en binaire pur pour les informations numériques ;

— en «code binaire étendu» (à 6, 7 ou 8 bits) pour les informations alphanumériques à raison de plusieurs caractères par mot, de 2 à 10 suivant la capacité et le code utilisé (4 dans l'exemple en D.C.B. étendu).

Dans les mémoires à octets, un seul mode d'enregistrement est employé : le code binaire E.B.C . D.I.C. à 8 bits notamment pour faciliter le dialogue avec les éléments périphériques (Figure 5.12, lignes inférieures).

Toutefois, dans les transferts avec le processeur, les informations numériques peuvent être groupées (packées) à raison de deux chiffres en D.C.B. par octet (revoir chapitre 2).

Ces deux modes de regroupements influent sur la capacité réelle de la mémoire et sur le mode d'adressage pour la programmation.

La capacité d'une mémoire est généralement exprimée en milliers de caractères qui correspondent à des modules d'accroissement de 1024 «mots» exactement. La lettre K (kilo) est utilisée pour rappeler cette contrainte.

On parle donc couramment d'une mémoire de 16K, 64K, 512K, etc. La capacité réelle dépend donc de la longueur de chaque mot et l'on doit toujours préciser celle-ci sauf dans le cas des découpages en octets où l'on se contente de rajouter un O au K.

*Ainsi une mémoire de 32K mots de 48 bits est-elle plus capacitaire qu'une mémoire de 128 Ko. C'est certain pour les caractères alphabétiques puisque l'on en mettra **au moins 6** par mot (en code EBCDIC) mais beaucoup plus complexe à évaluer pour les informations numériques. En effet, on peut «packer» systématiquement deux chiffres en D.C.B. par octets alors que dans les mots de 48 bits, on enregistrera probablement en **binaire pur**, plus économique !*

Une autre conséquence beaucoup plus contraignante est le mode d'adressage des informations dans les programmes. Ce point sera approfondi au chapitre 9 mais peut se comprendre facilement dès maintenant.

Lorsqu'une mémoire est découpée en mots, chacun d'eux aura une adresse propre sous forme d'un numéro allant de 0 à 32767 par exemple, pour une mémoire de 32K (× 1024) mots de 48 bits.

Il suffira donc d'indiquer *ce numéro* pour accéder à une information complète. Si cette dernière est numérique, elle tient à coup sûr dans le mot (en binaire car $2^{48} > 10^{15}$). Si elle est alphabétique, c'est plus douteux (6 ou 8 lettres selon le code), et peut-être faudra-t-il utiliser deux ou trois mots pour un libellé de 16 lettres par exemple.

---

(1) Plus le mot est long, plus le système de contrôle doit être approfondi. Les mémoires les plus récentes sont souvent contrôlées par des bits multiples comme les enregistrements sur disques magnétiques (voir chapitre 8, énoncé 8). Généralement, il s'agit de vérifier l'IMPARITÉ du nombre de BITS.

Pour une machine *à octets* chaque groupe de 8 bits est adressable *individuellement* et dans l'exemple de la machine à 128 Ko, le numéro d'adresse maximal sera 131 071. Bien entendu, les traitements ne portent presque jamais sur des informations d'un seul caractère, il faut donc en plus de *l'adresse d'une des extrémités* de la zone de mémoire considérée, indiquer également sa *longueur* en octets. Cela revient à dire au processeur : « utilisez la zone commençant à telle adresse et comportant tant de positions ». Diverses méthodes sont utilisables pour ce faire; leur étude sera approfondie dans le cadre de la programmation (chapitre 9).

Enoncé 15

Technologie de la mémoire centrale.

Eléments de corrigé

Deux techniques concurrentes se partagent la fabrication des mémoires centrales :

— les mémoires à tores en ferrite, en cours d'abandon ;

— les mémoires monolithiques (1) électroniques dites à « circuits intégrés MOS ».

Ces dernières sont les plus récentes bien que leur principe soit aussi ancien que le calcul électronique. Elles utilisent en effet les flips-flops ou bistables.

Les capacités énoncées plus haut peuvent laisser perplexe quand à l'encombrement et au coût de telles mémoires puisqu'il faut deux transistors et une dizaine d'autres composants pour un chiffre binaire soit, par exemple :

2 × 9 × 131072 = 2359256 transistors pour la mémoire de 128 Ko.

Il y a une dizaine d'année un flip-flop coûtait près de 10 Frs.

La mémoire précédente aurait valu plus d'un milliard de centimes. Sa commercialisation était impensable et une technique moins coûteuse fût mise au point sous forme de mémoire à tores en ferrite.

Mais depuis, régulièrement d'année en année, la miniaturisation et l'automatisation de la fabrication des circuits logiques déjà évoquées au chapitre précédent ont réduit l'encombrement et le coût des flips-flops de ***façon extraordinaire... plusieurs milliers tiennent sur une « puce » d'une surface inférieure à un centimètre carré et le prix de revient de chacun d'eux est inférieur à un centime.***

Les mémoires à tores ont donc été progressivement remplacées, d'abord partiellement, puis totalement chez certains constructeurs, par les mémoires monolithiques... Lorsque ce remplacement n'est que partiel, on rencontre alors deux niveaux hiérarchiques dans la mémoire centrale : un niveau très rapide et peu capacitaire à base de circuits monolithiques appelé « *Antémémoire* » ou « mémoire-cache » et un autre plus vaste mais plus lent parfois encore constitué de tores de ferrite ou d'autres systèmes plus récents (voir Ch. 8, Enoncé 18).

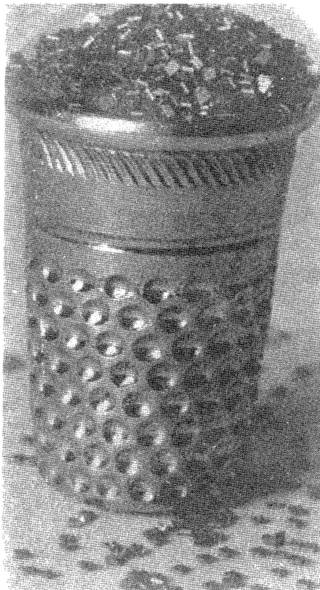
Enoncé 16

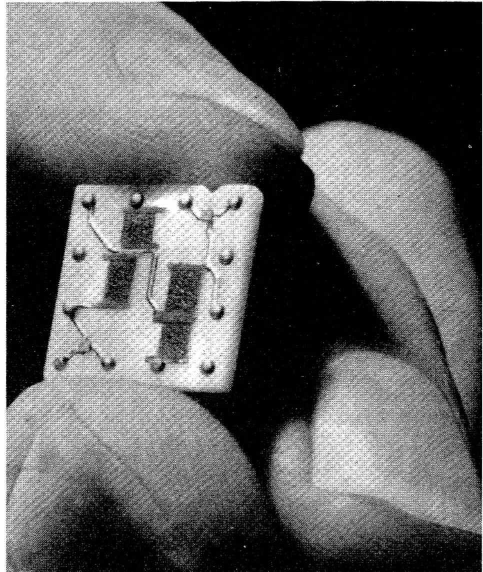
HISTORIQUE de la fabrication des mémoires monolithiques électroniques.

Eléments de corrigé

(1) Le terme de monolithique vient de ce que les flips-flops miniaturisés sont enfermés par centaines ou milliers dans un boîtier de céramique de la taille d'un petit caillou. Il rappelle également que le circuit a été réalisé d'un seul bloc par masquage, oxydation ou épitaxie et non à partir d'éléments discrets.

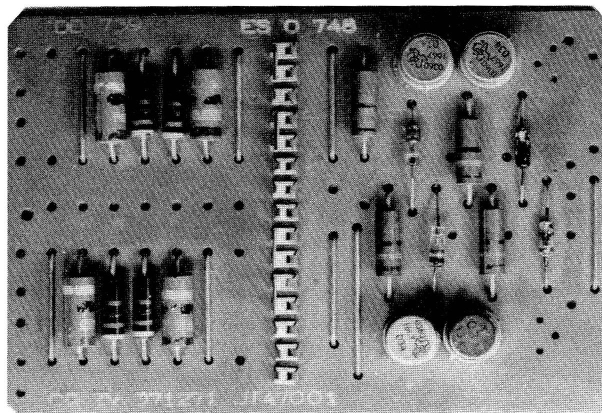
50000 transistors dans un dé à coudre





(Clichés IBM)

Figure 5.13 — MINIATURISATION des TRANSISTORS DISCRETS et leur utilisation dans un MICROMODULE (première approche des circuits intégrés).



Transistors BIPOLAIRES DISCRETS formant une double BISTABLE en technologie TRL (à l'échelle)

Schéma de principe d'un Transistor M.O.S. - F.E.T. - L.S.I. (grossi 1000 fois environ)

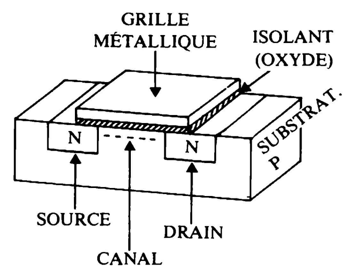


Figure 5.14 — ÉVOLUTION de la fabrication des TRANSISTORS.

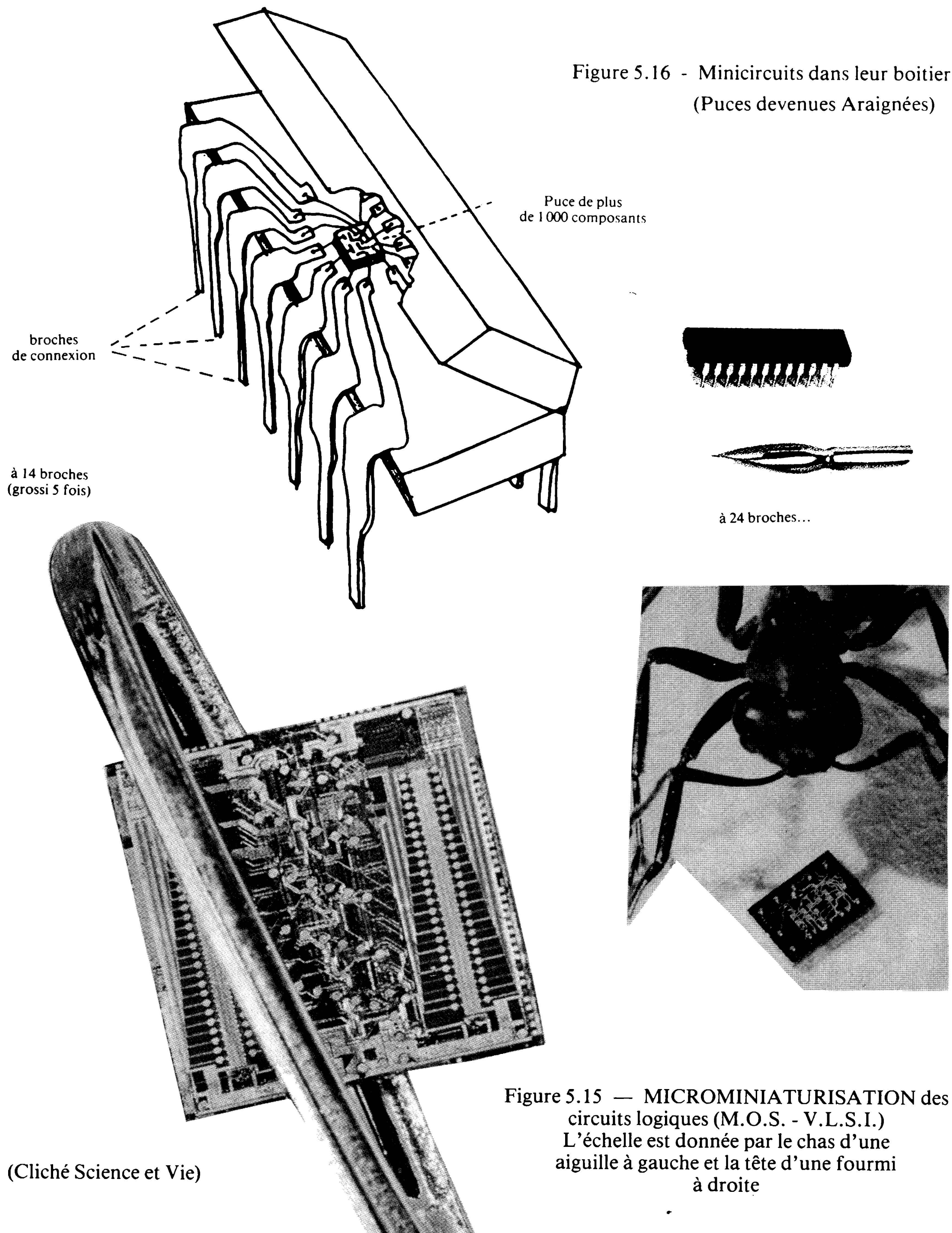


Figure 5.16 - Minicircuits dans leur boitier
(Puces devenues Araignées)

Figure 5.15 — MICROMINIATURISATION des circuits logiques (M.O.S. - V.L.S.I.)
L'échelle est donnée par le chas d'une aiguille à gauche et la tête d'une fourmi à droite

(Cliché Science et Vie)

Les progrès en matière de mémoires monolithiques électroniques se sont faits en deux étapes.

D'abord les transistors eux-mêmes ont été miniaturisés jusqu'à la limite de manipulation concevable de la taille d'une petite tête d'épingle.

Les autres composants discrets (résistances, condensateurs, etc...) ont été remplacés par des dépôts de matière jouant le même rôle. Ce fut l'époque des «micromodules» utilisés dès le début de la troisième génération et déjà connus sous le nom de ***circuits intégrés*** *(C.I. Figure 5.13).*

Les transistors ***«discrets»*** *décrits au chapitre 3 étaient du type bipolaire et sont encore utilisés dans de nombreux appareillages électroniques industriels et domestiques mais plus dans les calculatrices et surtout pas pour réaliser des R.A.M.*

Ils nécessitaient l'adjonction de composants passifs classiques, résistances notamment, et les circuits ainsi réalisés portaient le nom de TRL (Transistor Résistance Logic) (Figure 5.14).

Un premier progrès intéressant a consisté à remplacer ces composants secondaires par des transistors utilisés comme «résistances variables» pour parvenir à la technologie dite TTL (Transistor Transistor Logic ou TOUT TRANSISTOR).

Pour poursuivre dans la miniaturisation et surtout l'automatisation de la fabrication des circuits logiques (mémoires ou autres), il a fallu abandonner toute idée de manipulation ou assemblage de composants «discrets».

On s'est donc ingénié à faire «naître dans la masse» d'un cristal de silicium les divers composants d'un circuit logique. Ce procédé est connu sous le nom de «structure PLANAR». Une succession d'opérations complexes et minutieuses permet de déposer une couche de silicium N par diffusion gazeuse (épitaxie) sur un substrat de silicium P (ou l'inverse). L'ensemble est recouvert par une couche uniforme de résine photosensible qui est partiellement détruite par masquage du dessin des éléments du circuit à réaliser. Les parties non protégées par la résine sont attaquées à l'acide. L'opération est répétée plusieurs fois grâce à une demi-douzaine de masques, les derniers assurant le perçage et les interconnexions nécessaires par dépôt d'aluminium. Des milliers de transistors interconnectés sont ainsi réalisés automatiquement sur des plaquettes de quelques millimètres carrés !

La partie la plus délicate est la réalisation des ***masques*** *qui sont dessinés à grande échelle à l'aide de tables traçantes connectées à un ordinateur (C.A.O. = Conception assistée par ordinateur) avant d'être réduits de 500 à 1000 fois par procédés photographiques.*

De plus en plus, les mémoires électroniques sont constituées de «transistors unipolaires à effet de champ». La base est métallique (aluminium) et s'appelle alors ***«grille»****. Entre l'émetteur et le collecteur, devenus* ***«source»*** *et* ***«drain»****, sous la grille, peut apparaître un canal conducteur lorsque celle-ci est sous tension (voir Figure 5.14). Cette technologie porte le nom de MOSFET (Metal Oxyde Silicon Field Effect Transistor). Deux variantes dépendent de la polarité du canal — «MOS canal P» ou «MOS canal N» — et permettent une intégration ou miniaturisation très poussée d'où les termes de MOS L.S.I. (Large Scale Integrated) voire MOS V.L.S.I. (Very L.S.I.) — On distingue encore les C-MOS (Complémentaire), MOS S.O.S. (Silicon on Saphir) et les bipolaires ECL (Emitter coupled logic).*

Toutes ces variantes sont en concurrence, présentant des caractéristiques très étagées quant aux vitesses de fonctionnement (de 10 nanosecondes à une microseconde), consommation électrique, fiabilité (sensibilité aux parasites) et surtout possibilités d'intégration (de 100 à 64000 composants par puce !) et prix (de 1 millime à 5 centimes par bit) (Voir Figure 5.15).

Leur seul inconvénient commun et relatif reste leur volatibilité. Tout enregistrement disparaît lorsque la tension est coupée (contrairement aux tores de ferrite).

Paradoxalement, ces circuits sont devenus trop petits et trop fragiles pour pouvoir être manipulés et connectés entre eux. Ils doivent être noyés dans des blocs de céramique muni de broches auxquelles ils sont reliés par des fils d'or (Figure 5.16).

Enoncé 17

Montage des mémoires électroniques.

Eléments de corrigé

Nous venons de voir que l'on pouvait loger des milliers de bistables dans une puce (devenue «araignée» à cause de son boîtier) et que les positions binaires étaient regroupées en mots.

Il ne faudrait pas en conclure que chaque «araignée» comporte un certain nombre de «mots de mémoire complets». Il en résulterait de très grandes difficultés d'adressage et un temps de transfert assez long, les bits ne pouvant alors être livrés qu'en mode série l'un après l'autre.

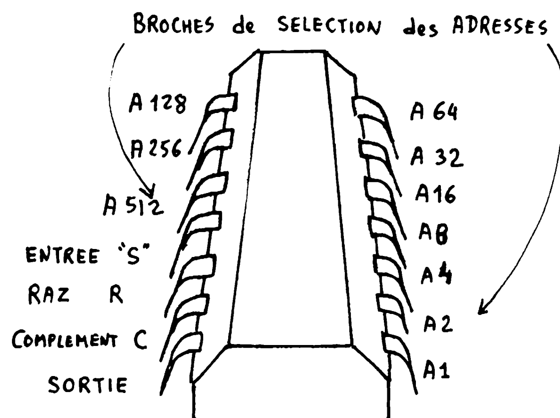


Figure 5.17 - MÉMOIRE MONOLITHIQUE de 1024 BITS avec ses 14 Broches de commande et de Sélection.

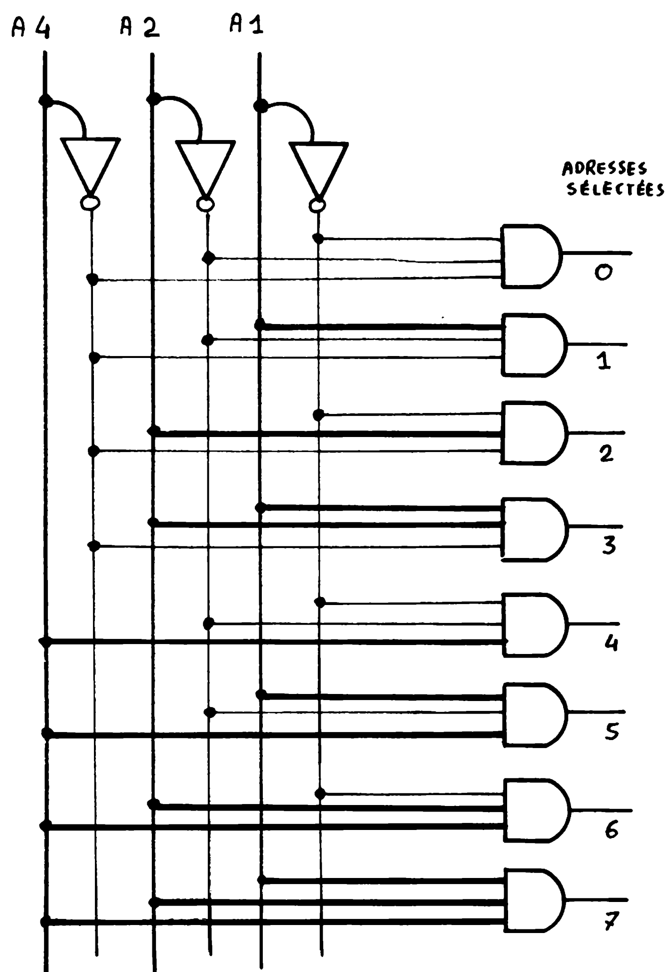


Figure 5.18 - PRINCIPE DE MONTAGE D'UNE PYRAMIDE de DÉCODAGE ou de SÉLECTION des ADRESSES (limitées à 8 à partir de 3 BROCHES)

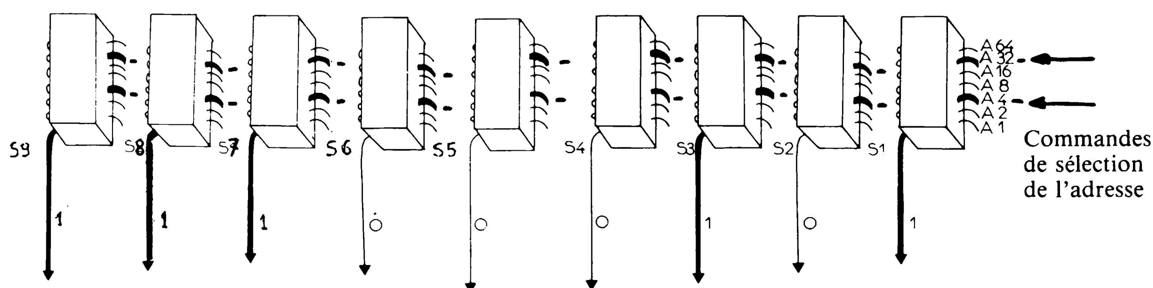


Figure 5.20 - Principe de montage d'une mémoire monolithique de 1024 OCTETS
La position 36 est sélectée (32 + 4) et délivre son contenu en parallèle (111 000 101) soit la lettre E (en EBCDIC) plus un bit d'imparité.

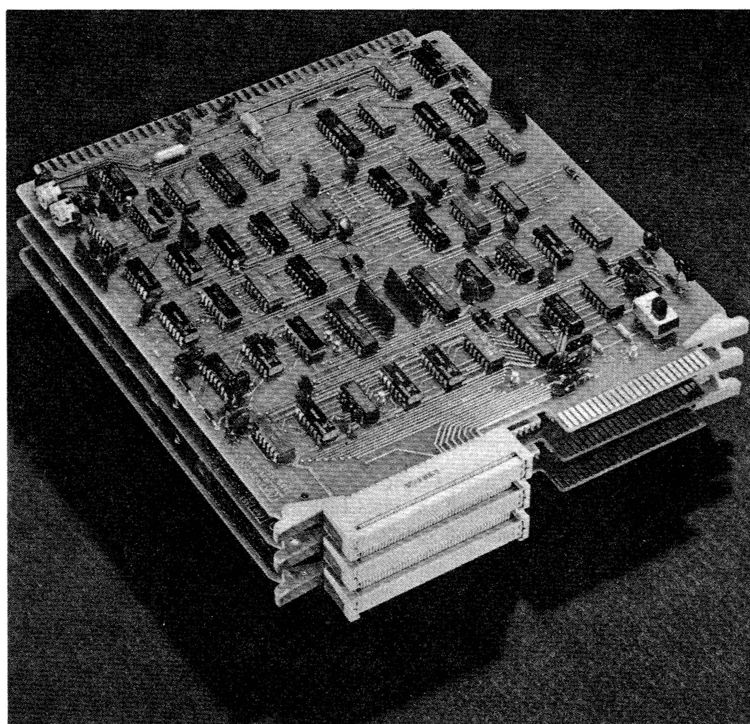


Figure 5.21 - Mémoire monolithique MOS (cliché Hewlett PACKARD)
Chaque «Puce» contient 4096 bits.
Chaque plaque ou carte représente 8 K Mots de 16 bits (+ parités) soit 24 K Mots ou 48 K Octets. Des puces de 64000 bits viennent d'être mises en service !

Ce que l'on appelle une «position de mémoire adressable» (mot ou octet selon le cas) fait intervenir autant d'araignées qu'elle comporte de bits. L'adresse «globale» de la position correspond en fait à l'adresse de *chaque bit* dans les différents boîtiers. Ceci permet essentiellement d'obtenir le contenu de la position de mémoire en mode parallèle. Chaque bloc monolithique délivre en effet un Un ou un zéro *en même temps* que tous les autres mais sur un conducteur de sortie spécialisé.

Chaque puce ou araignée comporte des «pattes» ou broches de commande et de sélection d'adresse. Par exemple, une puce de 1024 bits à 14 broches comprend (en principe, en simplifiant légèrement, fig. 5.17) :

— une patte d'entrée ou positionnement des bistables (S ou Set)

— une patte de Remise à zéro des bistables (R ou Reset)

— une patte de commande de complémentarité (C)

— une patte de sortie...

Ces *Quatre pattes sont communes* aux 1024 bistables et doivent être *complétées par des pattes de sélection* permettant de choisir une seule des 1024 bistables par *son adresse précise.* Avec un système à «simple coïncidence», il faudrait 64 pattes (32 × 32 = 1024). En utilisant une «*pyramide de décodification*», il suffit de 10 broches car 1023 = 2^{10}(512) + 2^{9}(256) + 2^{8}(128) etc. Le «câblage» est extrêmement complexe mais le principe en est très simple à comprendre.

La figure 5.18 expose le logigramme de sélection des adresses 0 à 7 à partir de 3 broches A1, A2, A4. On voit qu'il suffit d'utiliser des «*circuits ET à 3 entrées*» et des circuits NON (plus quelques dispositifs anti-retours non figurés sur le dessin). Rappelons que ces composants sont ultraminiaturisés comme leurs circuits imprimés assurant les liaisons et obtenus par dépôts et masquages successifs. On arrive aujourd'hui à réaliser des puces de 65536 bits (64 K) qui peuvent être sélectés par 15 broches seulement !... Des puces de 256 K sont déjà annoncées pour... l'an prochain... à des prix dix fois moindres que ceux d'aujourd'hui... !

Une «*position*» de mémoire est finalement sélectée en *commandant en parallèle* un nombre de puces égal au nombre de bits que comporte cette position (9 pour un octet) ou un mot de mémoire (16, 32, 40 etc.).

La figure 5.20 représente ainsi une mémoire de 1024 octets comportant donc 9 puces. La position 36 est sélectée et délivre son contenu en parallèle par les 9 pattes de sorties qui correspond à la lettre E (en code EBCDIC... revoir figure 5.12).

La figure 5.21 donne idée de la remarquable densité de stockage permise par les mémoires monolithiques.

Enoncé 18

Mémoires à tores en ferrite.

Eléments de corrigé

Ces mémoires sont beaucoup plus anciennes : plus de vingt ans d'existence. Elles ont longtemps été plus avantageuses que les mémoires monolithiques car elles étaient aussi rapides, beaucoup moins coûteuses et non volatiles. Ce n'est plus du tout vrai pour la vitesse et de plus en plus discutable pour le prix.

Comme leur nom le suggère, elles ne sont plus électroniques mais magnétiques. Elles utilisent donc les propriétés de l'induction électromagnétiques développés au chapitre 2 mais d'une façon très originale *sans aucun déplacement mécanique.* Elles sont dites pour cela mémoires *statiques* ou «en volume» (et non plus «en surface» comme les bandes ou disques).

De là découle leur principal intérêt : un fonctionnement très rapide à une vitesse de l'ordre de la *MICROseconde* donc longtemps voisine de celle des circuits de calcul.

Un tore de ferrite est un anneau de matière magnétisée en permanence dans lequel le champ magnétique est emprisonné mais peut «tourner» dans le sens des aiguilles d'une montre ou dans le sens inverse. Une forte variation de courant (dit coercitif) peut lui faire changer de sens de «rotation». Cette inversion de sens ou «basculement» induira à son tour un bref courant dans un conducteur métallique voisin.

Le courant de *commande du basculement* est apporté par deux fils perpendiculaires qui se croisent au centre du tore. Un troisième fil, dit de lecture, traverse également le tore et recueillera l'impulsion induite par le basculement éventuel.

Le lecteur aura deviné que le sens de rotation du champ permet de codifier un *chiffre* binaire et que cette orientation dépendra de la *polarité* du courant de commande.

Ainsi donc pour enregistrer un Un, il suffit qu'une intensité positive apparaisse au centre du tore; il ne basculera donc que s'il était primitivement à zéro (voir figure 5.22).

Enoncé 19

Organisation des mémoires à tores de ferrite.

Eléments de corrigé

On peut s'étonner de la présence de deux fils de commande pour fournir une intensité relativement faible (par exemple soixante milliampères). Tout l'intérêt des mémoires à tores réside pourtant dans cette particularité. Les nombreux tores qui les composent sont en effet enfilés par centaines sur des fils communs horizontaux ou verticaux. Il s'ensuit que si l'on envoyait une intensité de + 60 ma dans un fil, tous les tores qu'il traverse basculeraient à UN. Pour qu'**un seul** tore réponde à cette commande, il suffit de n'envoyer que la **moitié** de l'intensité coercitive (un peu plus : $\frac{ic}{\sqrt{2}}$) mais ce, dans les **deux fils** horizontaux et verticaux qui le traversent. L'intensité suffisante (+ 60 ma) ne sera atteinte **qu'à l'intersection** des deux fils et tous les autres tores ne « broncheront » pas. C'est pourquoi ce type de mémoire est encore appelé **mémoire à coïncidence.** Les fils horizontaux sont appelés fils de mots et les verticaux fils de digits.

*On peut en effet considérer une matrice de tores dont les fils horizontaux représenteraient les différents mots de mémoire et les verticaux les différentes positions de chaque mot. Par exemple, 49 fils verticaux et 64 fils horizontaux constitueraient une mémoire de 64 mots de 48 bits (plus un de contrôle). L'enregistrement de 100101 dans le cinquième mot d'une telle mémoire supposée à zéro, consisterait à envoyer + 40 ma dans le cinquième fil horizontale et + 40 ma dans les **seuls fils** verticaux correspondant à l'enregistrement des UNS (les 1er, 3e et 6e depuis la droite voir Figure 5.23).*

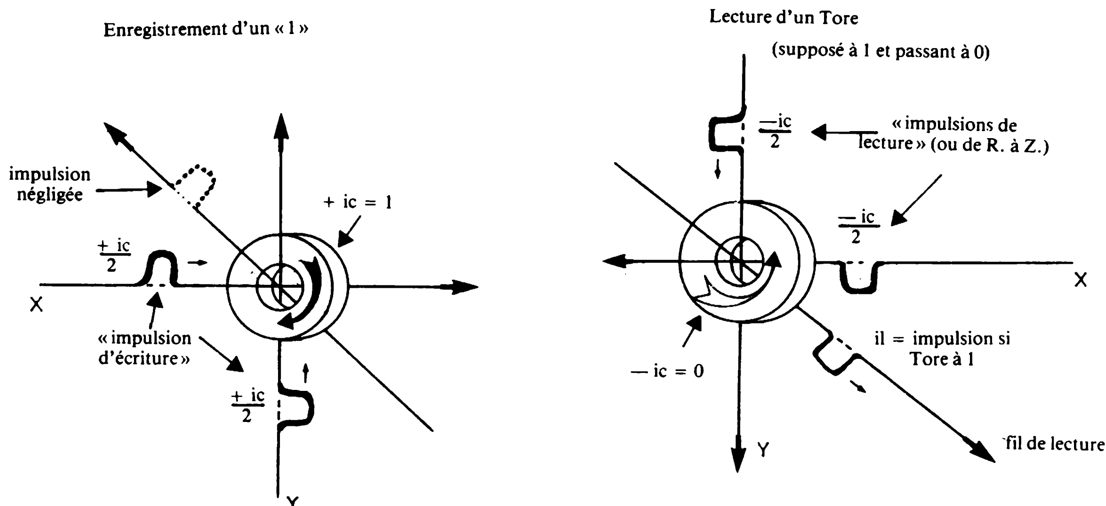


Figure 5.22 - Fonctionnement d'un tore de ferrite (enregistrement à gauche, lecture à droite)

Enoncé 20

Lecture des tores de ferrite.

Eléments de corrigé

Pour lire le contenu d'un tore, il faut le faire basculer car, seule, une *variation de champ magnétique* peut induire un courant. La seule façon d'y arriver est de remettre le tore à zéro en envoyant deux courants

négatifs de quarante ma dans les fils coïncidants. Si le tore était déjà à zéro, il ne bougera pas. Par contre, dans le cas contraire, il va basculer et induire dans le fil de lecture une impulsion qui signalera qu'il *était* à un... car la *lecture est « destructrice »*. C'est le principal inconvénient des mémoires à tores. On y remédie en réenregistrant immédiatement le UN effacé. Ceci complique le câblage mais surtout double le temps de fonctionnement du tore. On appelle *cycle de base* la durée globale de remise *à zéro et* de réenregistrement. Elle est rarement inférieure à une microseconde (Figure 5.22).

*Un deuxième problème reste à résoudre. Comment insérer les fils de lecture dans la mémoire ? on peut en prévoir autant que de fils de digits et les glisser parallèlement à ceux-ci dans tous les tores. Il en faudra 49 mais le mot de mémoire sera lu en un seul cycle de base et son contenu obtenu en mode parallèle (revoir énoncé 4). On peut au contraire n'en prévoir qu'**un seul** passant en zig-zag dans tous les tores, ce qui est plus économique mais oblige à lire les positions les unes après les autres (en 49 cycles) et fournit le contenu en transmission série.*

Une telle organisation est souvent désignée sous le nom de mémoire à 2D (dimensions).

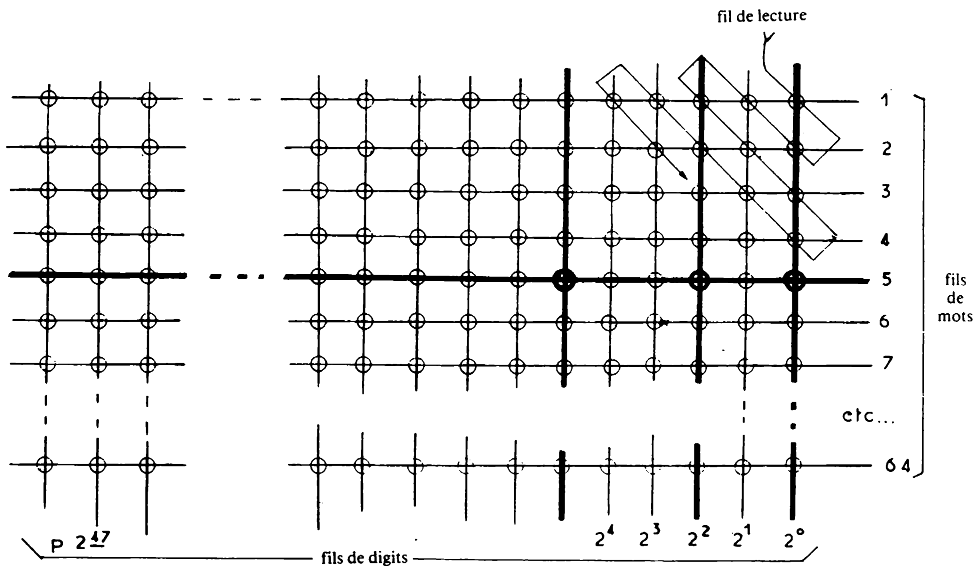


Figure 5.23 - Mémoire de 64 Mots de 48 bits (+ parité) constituée par une matrice de Tores lue en série (le fil de lecture n'a été qu'amorcé).

Enoncé 21

L'empilement des matrices de tores.

Eléments de corrigé

*L'organisation de la mémoire à 2 D qui ne formait qu'une seule MATRICE pourrait convenir pour des mémoires centrales relativement **modestes** et découpées en mots longs comme celle de notre exemple. Son câblage ou tissage ne nécessiterait que 162 fils au maximum pour une capacité de 384 octets (6 par mots) lus en parallèle (64 fils de mots + 49 de digits et 49 de lecture) ou même 114 fils seulement si lus en série.*

*Dès qu'il s'agit de fortes capacités et surtout si la mémoire est découpée en octets, l'organisation précédente devient ruineuse. Les blocs de mémoire à tores ont souvent une capacité de 4 K octets (4096). Il faudrait **4096 fils** de mots; 9 de digits et 9 de lecture. C'est pour économiser les fils de mots et simplifier par là-même le décodage des adresses, qu'ont été mises au point les mémoires à tores à trois dimensions (3 D).*

*L'idée de base consiste à empiler les matrices les unes au-dessus des autres à raison **d'une matrice par chiffre binaire.** Ainsi une mémoire à octet comportera 9 matrices superposées, une mémoire à mots de 48 bits en compterait 49 d'où le nom de «mémoire en volume».*

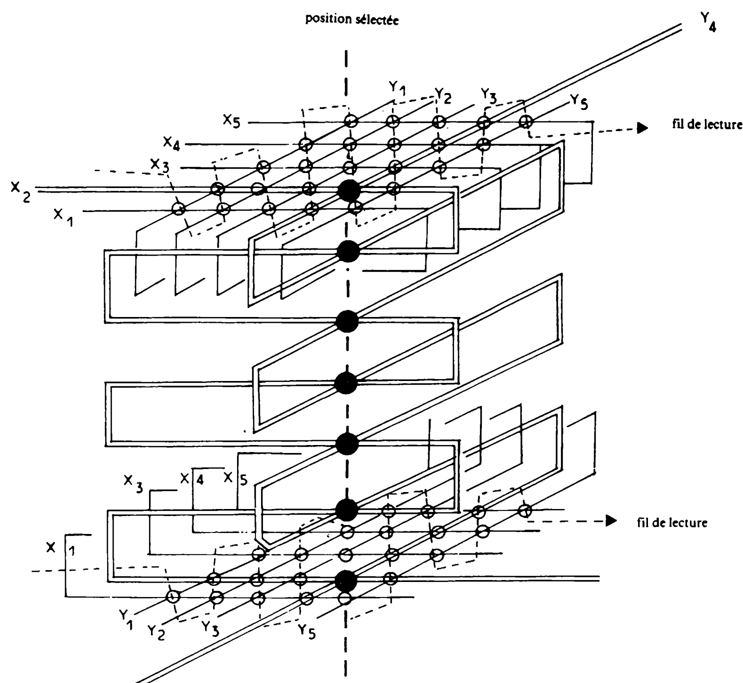


Figure 5.24 - Organisation schématique d'une Mémoire à Tores de 25 positions alphanumériques en DCB étendu (7 matrices dont 1 parité).

Nota — La position d'adresse X_2 Y_4 est sélectée ═══
— Seules les matrices inférieures et supérieures ont été esquissées avec leur fil de lecture en pointillé.
— Les fils d'inhibition ne sont pas représentés.

*L'intérêt essentiel de ce montage vient de ce que les très nombreux fils propres à chaque mot sont remplacés par deux fils de sélection qui parcourent **toutes les matrices** (un peu comme un vilebrequin). Il suffit alors de 128 fils de sélection (64 × 64 = 4096) au lieu des 4096 fils de mots(1) pour repérer une **position** de mémoire. Celle-ci se compose donc de plusieurs tores superposés appartenant chacun à une matrice différente (voir figure 5.24). Pour essayer de rendre le dessin lisible, la mémoire a été réduite à 25 positions de 7 bits.*

*Les fils de lecture **sont uniques pour chaque matrice** dont ils parcourent tous les tores en zig-zag. Ceci permet de lire la mémoire «en parallèle». Chaque fil de lecture émet le contenu du tore sélecté dans «sa matrice» simultanément aux autres fils de lecture.*

L'enregistrement y est plus complexe et peut nécessiter l'emploi d'un 4e fil dit d'inhibition.

Enoncé 22

Fabrication des mémoires à tores de ferrite.

Eléments de corrigé

Au point de vue composants, les mémoires à tores sont beaucoup plus économiques que les flip-flops

(1) Avec notre premier exemple d'une mémoire de 64 mots, il suffirait de 16 fils (8 × 8 = 64).

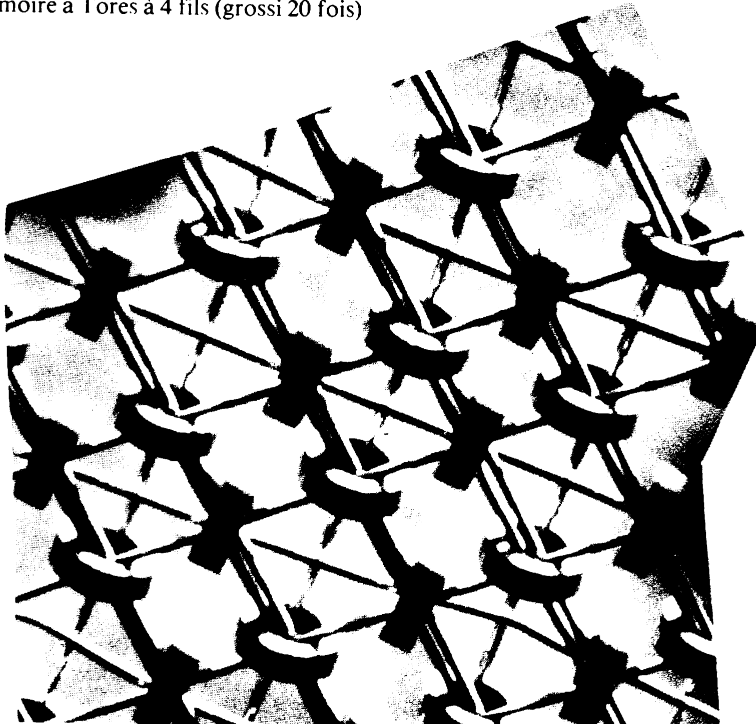
(un seul tore au lieu de deux transistors et une dizaine de résistances, condensateurs, etc...). Mais leur montage est un minutieux travail de dentellière qui ne peut s'effectuer qu'à la main. On parle du tissage des mémoires à tores (voir Figure 5.25).

Chaque tore est en effet traversé par quatre fils : deux de sélection traversant une rangée de tores dans toutes les matrices, un de lecture et un d'inhibition propres à chaque matrice mais en traversant tous les tores.

Il suffirait qu'un seul tore soit «oublié» par un fil pour que toute la mémoire soit inutilisable.

Malgré la recherche systématique de main-d'œuvre dans les pays à bas salaire pour ce tissage, le coût de revient des mémoires à tores est élevé ; une position de mémoire opérationnnelle correspondant à un octet (9 tores) coûte légèrement moins d'un franc. Les tentatives de mécanisation de leur fabrication n'ont jamais abouti à des réalisations commerciales et ne semblent pas devoir s'améliorer prochainement.

Figure 5.25 - Mémoire à Tores à 4 fils (grossi 20 fois)



Le rapprochement de ce coût et de celui d'une dizaine de flip-flops fait comprendre pourquoi après avoir été très intéressante du temps où ce dernier valait dix francs, la technologie des mémoires à tores n'est plus compétitive à l'heure du «basculeur intégré» à un centime par ailleurs plus rapide mais volatile.

Enoncé 23

Qu'est-ce qu'une mémoire-tampon ?

Eléments de corrigé

Ce terme ne correspond pas à un nouveau type de mémoire mais à un ***rôle particulier*** *que peuvent jouer n'importe laquelle des mémoires que nous avons évoquées précédemment.*

Ces mémoires encore appelées «mémoires bloc-note» ou BUFFER (amortisseur) servent d'intermédiaire entre deux éléments de vitesse de fonctionnement très différente pour précisément amortir ces différences.

Une mémoire tampon est ainsi garnie très progressivement « goutte à goutte » mais peut se vider d'un seul coup lorsqu'elle est pleine. Elle est indispensable entre l'unité centrale et un élément périphérique pour éviter de bloquer le fonctionnement de l'U. C.

Par exemple, un lecteur de cartes (travaillant en série) demandera plus d'une ***MILLIseconde par colonne.*** *Il est impensable d'immobiliser l'unité centrale pendant tout ce temps qui correspondait à 100 000 opérations courantes (< 1 microseconde). Le lecteur alimente donc une mémoire-tampon en 80 millisecondes. Cette dernière se vide ensuite d'un seul coup vers la mémoire centrale en moins d'une milliseconde.*

Le même procédé est utilisé pour la sortie des résultats, le buffer étant alors rapidement garni par l'U. C. et se vidant progressivement vers le périphérique.

Ces mémoires-tampons peuvent être logées soit dans le périphérique lui-même, soit dans son unité de contrôle (éventuelle), soit dans un canal (voir ci-dessous).

On peut même en rencontrer dans les mémoires centrales sous les noms de mémoire-cache ou antémémoire.

Enoncé 24

Nature et rôle des canaux.

Eléments de corrigé

Les ordinateurs de troisième génération ont permis l'utilisation optimale de la puissance de traitement de l'unité centrale grâce à la généralisation de la multiprogrammation (voir chapitre 9). Mais celle-ci a entraîné la multiplication du nombre des éléments périphériques et surchargé le processeur d'opérations d'entrées-sorties très nombreuses et très variées. Les éléments périphériques peuvent en effet se compter par centaines (en cas de télétraitement) et leurs divers types ou modèles par dizaines pour une même U.C.

Le processeur central a donc *été déchargé* de ces tâches « subalternes » au profit de processeurs-adjoints appelés canaux, terme qui n'est pas très heureux. On tente d'ailleurs de le remplacer par ceux de « processeur-d'entrée-sortie » ou « d'unité d'échanges ».

On trouvera donc dans un canal, des circuits logiques capables de *commander et contrôler* les éléments périphériques après avoir décodé les instructions de programme les intéressant, des registres mémoires et même un additionneur. Très souvent également, ils comporteront une mémoire-tampon plus ou moins importante. Ils sont en relation étroite avec la mémoire centrale et le processeur.

La technologie de ces canaux est très complexe et assez différente d'un constructeur à l'autre. Chez la plupart d'entre eux toutefois on retrouve deux types de canal :
— le canal simple (ou sélecteur, ou rapide)
— le canal multiple (ou multiplexeur ou lent)

Ici encore, c'est au chapitre 9 que leur fonctionnement pourra être approfondi dans le cadre de la programmation des entrées-sorties.

Enoncé 25

Nouvelle architecture des Unités centrales

Eléments de corrigé

Toutes les descriptions précédentes se rapportent aux ordinateurs dits classiques ou universels qui recouvrent les trois premières générations de machines et la majeure partie de celles de la quatrième en service aujourd'hui.

Toutefois, sous l'influence des mini et micro-ordinateurs, la structure interne des unités centrales évolue rapidement vers une architecture plus souple mais aussi plus complexe.

Une organisation nouvelle est de plus en plus souvent adoptée tendant à implanter sur une espèce de « canal interne » appelé BUS un grand nombre d'ensembles de circuits logiques intégrés et miniaturisés se présentant sous forme de « cartes » enfichables. Chacune de ces cartes assure un ensemble de fonctions apparentées et plus ou moins spécialisées, parfois optionnelles voire interchangeables par l'utilisateur.

On voit ainsi apparaître de nombreux processeurs spécialisés et des mémoires mortes dites R.O.M. (Read-Only Memory) pouvant contenir des «programmes figés», anciens éléments de SOFTWARE ou LOGICIEL fournis par le constructeur et désormais programmés en usine. Le terme de P.R.O.M. (1) (programmable) serait d'ailleurs préférable car des modifications sont possibles, souvent à l'aide de disquettes mais à l'insu de l'utilisateur qui ne peut jamais accéder à ces mémoires par un langage de programmation classique. Cette technique a d'ailleurs reçu le nom évocateur de FIRMWARE (entre le HARD et le SOFT) et connaîtra un développement très important. On assiste déjà à son extension aux programmes «compilateurs», notamment pour les langages interprétatifs comme BASIC et APL, qui donne ainsi l'impression à l'utilisateur de programmer «directement» la machine dans ces langages (voir chapitres 10 et 11). Il est même possible d'envisager aussi l'insertion de véritables progiciels (programmes prêts à traiter; voir chapitre 10) réalisant ainsi un ordinateur «dédié». Mieux encore, des programmes de tests peuvent assurer une espèce de maintenance automatique voire de dépannage à distance en liaison avec le service spécialisé du constructeur !

La mémoire centrale est désormais appelée R.A.M. (Randon Access Memory) et constituée exclusivement de circuits monolithiques MOS (et dérivés). Une deuxième R.A.M. peut d'ailleurs jouer le rôle d'antémémoire ou mémoire-cache, véritable mémoire-tampon vis-à-vis de mémoire statique plus lente comme les anciennes mémoires à tores de ferrite ou les futures à bulles magnétiques.

Bien entendu, les anciens canaux se retrouvent sous forme de «processeurs d'entrées-sorties» de plus en plus spécialisés (disques, télécommunications, etc...)

La figure 5.24 illustre cette nouvelle architecture mais de façon très théorique, car les variantes sont infinies selon les constructeurs et le type d'ordinateurs. Notamment, la multiplication des processeurs arithmétiques (ou Unité Arithmétique et Logique : U.A.L.) conduit à la notion de traitements en parallèle ou de multiprocesseurs, caractéristiques des ordinateurs à vocation scientifique.

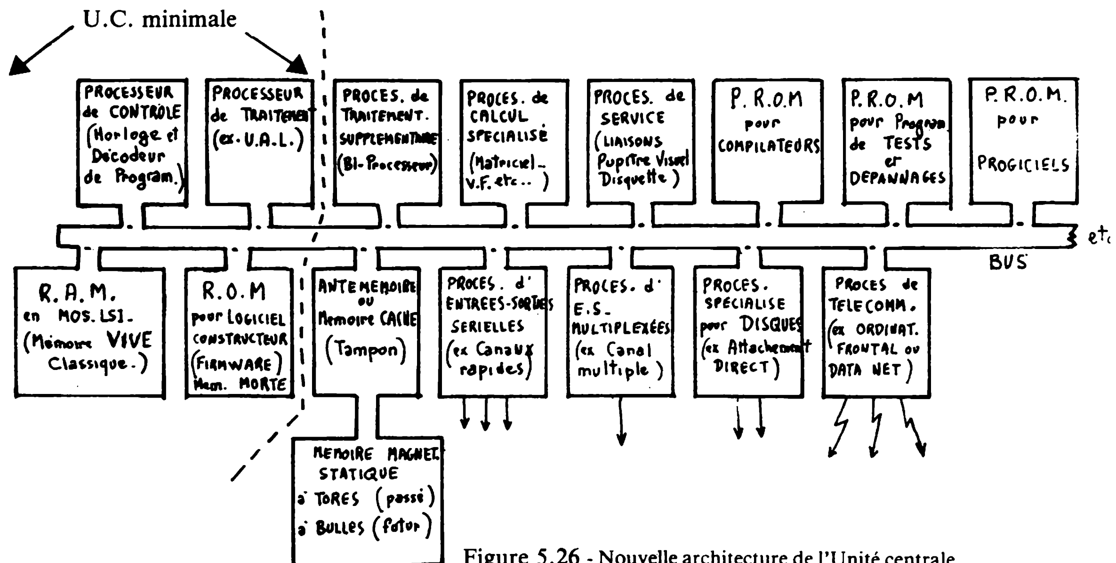


Figure 5.26 - Nouvelle architecture de l'Unité centrale

Enoncé 26

MICROprocesseur et MICRO-ordinateur

Eléments de corrigé

L'architecture évoquée à l'énoncé précédent est notamment utilisée dans les micro-ordinateurs où les processeurs de la Figure 5.26 ne sont guère plus grands que ceux utilisés pour les mémoires (microprocesseurs monolithiques).

(1) Il faudrait encore nuancer davantage car certaines peuvent être complètement effacées avant réutilisation par une longue exposition aux ultraviolet E. PROM (effaçable) ou plus rapidement EEPROM (effacement électrique).

6 Les éléments périphériques d'entrée (Input Units)

Sous ce terme de périphériques d'entrée, on rassemble tous les matériels permettant de fournir à la mémoire centrale les informations ou données destinées au traitement. Leur étude revêt une importance de plus en plus grande en raison même de l'évolution des ordinateurs.

L'unité centrale, y compris sa mémoire, voit son coût baisser d'année en année (de près de 30 % par an) en raison des progrès extraordinaires et incessants des techniques électroniques alors que la technologie des éléments périphériques ne progresse guère et que leur coût subit intégralement les effets de l'inflation.

Il en résulte que la saisie et l'introduction des informations dans un système informatique entraînent désormais une dépense toujours plus élevée que celle de leur traitement.

Enoncé 1

Tous les éléments périphériques d'entrée auraient-ils des points communs ?

Eléments de corrigé

Certainement au moins deux.

Ils comportent toujours une *partie mécanique* destinée à faire défiler un « support d'information » sous un « dispositif de lecture » qui implique une limitation de vitesse évidente due à la force d'inertie des pièces en mouvement.

Ils doivent comporter un système de « *transcodification* » des divers procédés d'enregistrement physique sur les supports (perforations, marques, profils de symbole, barres ou tops magnétiques, etc...) en *codes internes* utilisables par l'unité centrale. Ces codes internes dérivés du binaire sont symbolisés par des trains d'impulsions électroniques transitant par d'éventuels mémoires-tampons, unités de contrôle ou canaux.

On pourrait les appeler des TRANSDUCTEURS.

Enoncé 2

Qu'est-ce qu'une unité de contrôle ?

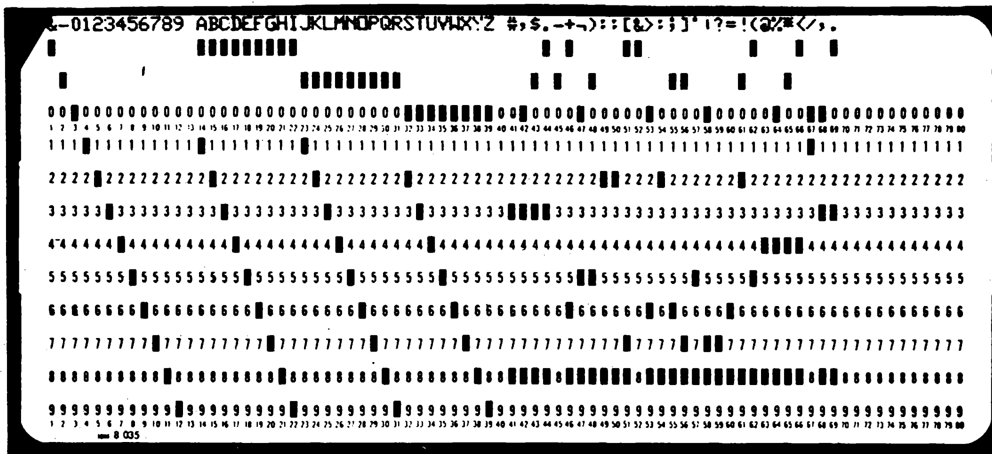


Figure 6.1 - Code HOLLERITH « complet »

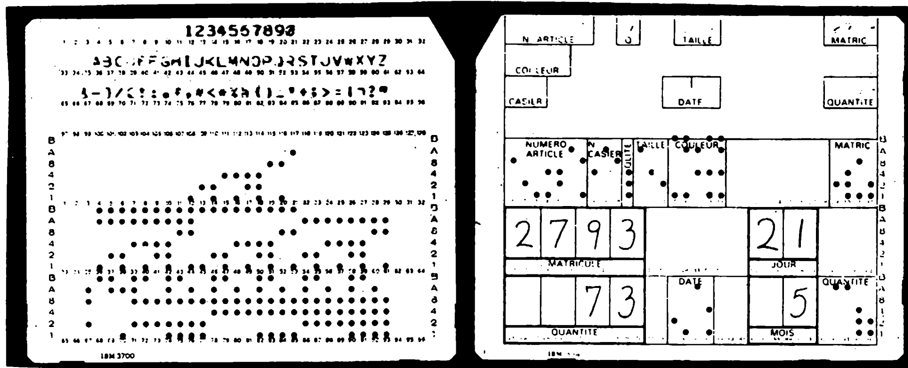


Figure 6.2 - Cartes 96 colonnes : standard à cliché

RELEVE AVIS DE REGLEMENT

I, Rue Jules .ET (Seine)

R C SEINE 548 1346

DATE

N° DE BON

SOMME DUE

Cher Client

Cette carte ... notre envoi de pièces détachées ... référence par le numéro de bon ci dessus

Pour le règlement, nous vous prions d'utiliser, à votre convenance

- soit un chèque bancaire

- soit un chèque de virement postal à notre CCP - PARIS - 12144 94

accompagné du volet ci contre.

Joint au titre de paiement, CE VOLET doit OBLIGATOIREMENT être adressé à:

Comptabilité

11, rue Jules Ferry -

DATE

N° DE BON

SOMME DUE

CE VOLET EST DESTINE A PASSER DANS UNE MACHINE ELECTRONIQUE

NE PAS PLIER NI EPINGLER-MERCI

Figure 6.4 - Carte à talon détachable : 51 colonnes 25 colonnes

Eléments de corrigé

Les transcodifications évoquées ci-dessus et les divers contrôles et asservissements des parties mécaniques des unités périphériques sont assurés par un ensemble de circuits logiques électroniques qui ne fonctionnent que pendant un temps insignifiant par rapport à celui demandé par les mouvements mécaniques.

Il est donc rationnel et économique d'éviter de multiplier ces circuits. Au lieu d'en prévoir un par élément périphérique, on sépare cette logique dans un meuble isolé qui contrôle ainsi plusieurs éléments périphériques identiques ou voisins. Selon les constructeurs, ces « unités de contrôle » sont indispensables, optionnelles (selon le nombre de périphériques) ou inexistantes (rare). Souvent elles comportent une mémoire-tampon.

Ces unités de contrôle sont parfois appelées « Processeur de périphériques » qu'il ne faut pas confondre avec les « processeurs d'entrées-sorties » (voir chapitre 9).

Enoncé 3

Comment aborder l'étude des périphériques d'entrée.

Eléments de corrigé

Les types d'unités d'entrée sont de plus en plus nombreux et variés. Leur étude nécessite un certain classement préalable. Celui-ci peut être de nature technologique ou *fonctionnelle.*

Dans l'optique utilitaire de ce manuel, il semble préférable d'utiliser cette dernière optique qui conduit à distinguer :

— les supports *« bivalents »* lisibles à la fois par l'œil humain et un dispositif de lecture mécanique;
— les supports informatiques spécifiques illisibles pour l'homme;
— les claviers « directs » qui suppriment tout support d'informations mais imposent la présence permanente d'une opératrice.

Enoncé 4

Quels sont les principaux « périphériques d'entrée » ?

Eléments de corrigé

Pour les *supports bivalents,* on distingue les lecteurs de :
— cartes perforées;
— documents marqués;
— documents C.M.C.7.;
— documents à caractères optiques;
— documents manuscrits lisibles optiquement;
— badges ou étiquettes perforées.

Les supports informatiques spécifiques utilisent des lecteurs de :
— rubans perforés;
— minibandes magnétiques;
— bandes magnétiques standard;
— disques souples (ou diskettes);
— badges ou étiquette magnétiques.

Il existe encore des lecteurs ou capteurs *très spécialisés* tels les « terminaux points de vente » dits P.O.S. ou les digitaliseurs.

Les claviers sont souvent utilisés en association avec des éléments de sortie et seront étudiés au chapitre suivant.

AGENT CAM | DATE: JOUR, MOIS, AN | TEMPS: DEMAR., AGENCE, BUR.AUX., FORMAT., VACANC., DIVERS | N°CARTES | KILOMET. | REPAS | N° AGENT VISITE: N° AGENT, COMMER., FONCT., AGENCE | CARTE JOURNALIERE

IBM 75 021 — CRACMO — Perfo Guide International

Figure 6.3 - Cartes « Perfostyle »

Enoncé 5

Quels sont les types de cartes perforées utilisables par les ordinateurs ?

Eléments de corrigé

Tout d'abord les cartes classiques à 80 colonnes ; toutefois le nombre de « symboles » qui peuvent y être perforés est plus élevé. Outre les chiffres et les lettres, une vingtaine de signes spéciaux (<, +, =, /, *, @ etc...) sont enregistrables à l'aide de *trois* perforations dans une même colonne généralement. Malheureusement, pour ces signes supplémentaires, aucune standardisation n'existe et chaque constructeur utilise encore des combinaisons différentes (Figure 6.1).

Il existe également des cartes plus récentes de format réduit (le $1/3$ environ) bien que comportant 96 colonnes (Figure 6.2). Le principe d'enregistrement y est très différent et s'apparente à celui des rubans perforés. Elles comportent trois bandes de 32 colonnes de six perforations seulement par colonnes utilisant un code « DCB étendu » (revoir chapitre 2 énoncé 14) mais différent de celui de l'AFNOR.

Toutes les cartes sont aujourd'hui « *traduites* », c'est-à-dire que la signification de leurs perforations est imprimée généralement sur le bord supérieur, au droit de chaque colonne.

Les cartes 80 colonnes peuvent comporter un façonnage spécial présentant les emplacements de perforation déjà *prédécoupés* de sorte qu'il suffise d'appuyer sur le « confetti » ainsi formé pour perforer le *chiffre* désiré.

Ce procédé économique de création de cartes est connu sous les noms de « perfostyle » ou cartes « predec ». Il nécessite la perte d'une colonne sur deux pour des raisons de solidité du support (Figure 6.3).

Enfin les cartes peuvent présenter un talon détachable de dimensions standard qui laisse une partie utile de 51 colonnes (Figure 6.4). Parfois le talon de 25 colonnes peut également être lu.

Les cartes 80 colonnes peuvent également se présenter « en continu » comme les imprimés et passer ainsi dans les imprimantes. Leur intérêt vient du fait qu'elles sont alors préperforées d'un numéro croissant.

Enoncé 6

Les lecteurs de cartes perforées.

Eléments de corrigé

Une grande variété de types de lecteurs sont connectables aux ordinateurs actuels.

Deux dispositifs de lecture sont utilisés (Figure 6.5) :

1°) La lecture par *balais* exactement comme sur les matériels classiques à cartes perforées. Les cartes défilent alors dans le sens vertival sous une brosse de 80 balais qui entrent en contact avec le rouleau sous tension au travers des perforations : c'est la lecture *en parallèle.*

2°) La lecture par *cellules photo-électriques;* les cartes défilant horizontalement sous douze cellules recevant plus ou moins de lumière selon qu'une perforation existe ou non dans chaque colonne : C'est la lecture *en série.*

Un système de contrôle peut exister. Il consiste soit à relire intégralement la carte une deuxième fois grâce à un deuxième poste de lecture, soit seulement à ***recompter*** *les perforations lues par un dispositif plus simple.*

Plusieurs « cases de réception » sont généralement disponibles. Sélectables par programme, elles permettent de séparer des cartes présentant des particularités, notamment celles ayant été mal lues (Figure 6.6).

Les vitesses s'étagent de 300 à 2500 cartes par minute et les prix de location mensuelle de 1000 à 3000 francs selon les perfectionnements et les constructeurs.

Enfin, la transcodification en code internes peut comporter une variante importante. Normalement le lecteur transforme les combinaisons de perforations possibles sur les douze voies ou rangées de la carte en « codes internes ***valides*** *» (ASCII ou EBCDIC généralement) c'est-à-dire en nombre réduit par rapport aux 4096 combinaisons possibles dans une même colonne (2^{12}). Les ensembles de perforations ne*

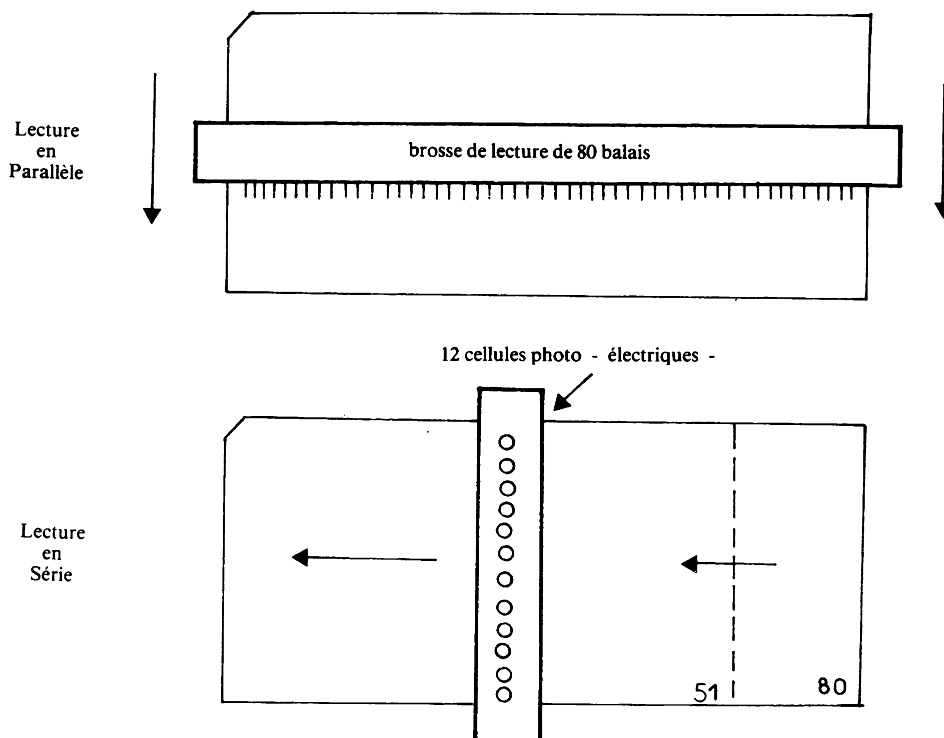


Figure 6.5 - Les 2 modes de lecture des cartes perforées

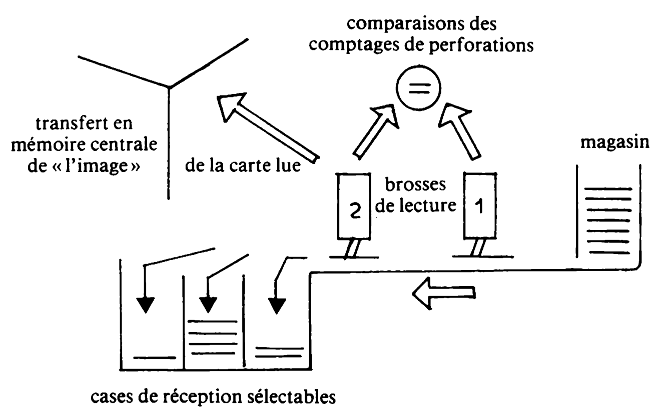


Figure 6.6 - Schéma de Principe d'un lecteur de cartes

Figure 6.7 - Carte « Binaire » (en Perfostyle)

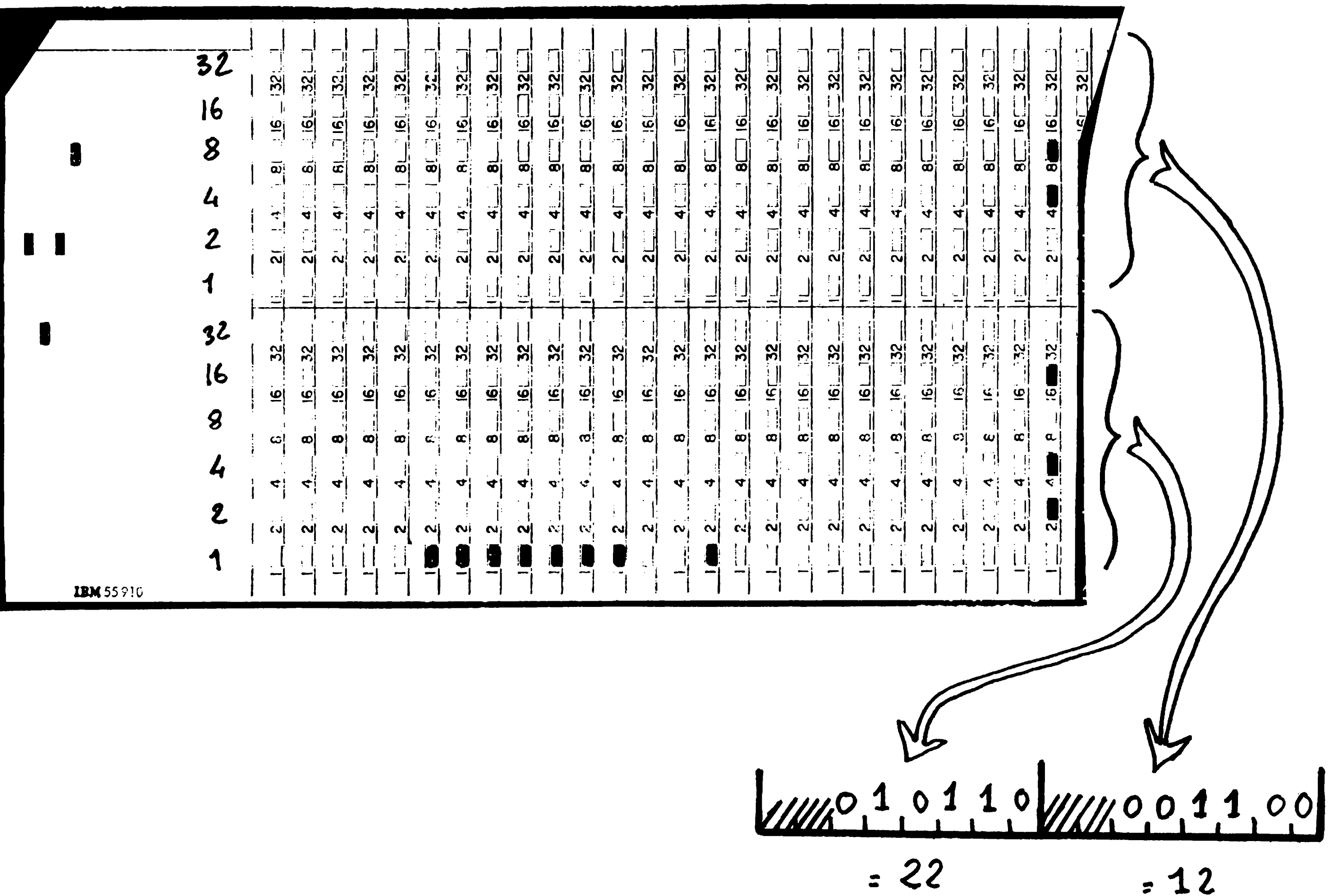


Figure 6.8 - Image en mémoire centrale d'une colonne de carte Binaire (éclatée en 2 octets)

Figure 6.9 - Documents marqués

correspondant pas aux codes admis par l'unité centrale provoquent ***l'éjection*** *de la carte considérée comme anormale.*

Or, il peut être intéressant, notamment avec le procédé du perfostyle, d'utiliser la ***totalité*** *de la «puissance lexicographique» des codifications d'une colonne. Le lecteur doit alors être muni du dispositif dit de «lecture binaire» ou «d'image-carte» consistant à éclater sur deux octets en mémoire centrale la lecture des combinaisons des douzes RANGÉES (Figure 6.7). Chaque emplacement de perforation est alors considéré comme un chifre binaire (1 si perforé, 0 sinon) et la colonne est répartie en deux groupes de six bits envoyés vers deux octets différents. Leur signification codique doit être rétablie par programme (Figure 6.8).*

Enoncé 7

Les documents « marqués ».

Eléments de corrigé

Les documents «marqués» (ou «à marquer» ou «à cocher») comportent des alvéoles de formes diverses, ovales ou carrées généralement, dont la valeur codique est imprimée et qui sont destinées à être «noircies» ou barrées en croix par le rédacteur du document. (Fig. 6.9).

La forme et les dimensions du document peuvent être quelconques.

Notamment, il peut s'agir d'une carte perforée. C'est d'ailleurs sous cette forme que le procédé a fait sa première apparition sous le nom de mark-sensing (Fig. 6.10).

Généralement, le document ou la carte ont intérêt à être *préparés* par un passage en ordinateur qui peut les personnaliser en y enregistrant le maximum d'informations prévisibles. Ces enregistrements se font sous forme de *préperforations traduites* s'il s'agit d'une carte ou de préimpression de *caractères spéciaux,* lisibles par l'ordinateur (optiques ou magnétiques, voir énoncé 9 à 12 ci-dessous) s'il s'agit d'un document.

La figure 6.11 donne un exemple très sophistiqué d'une carte marquée comportant en outre des préperforations classiques et marginales (revoir tome 1) et des indications manuscrites.

Il est possible de préidentifier un document marqué en utilisant une imprimante ordinaire que l'on s'efforcera de programmer judicieusement pour lui faire noircir les cases voulues mais le procédé est plutôt lent et coûteux.

Enoncé 8

Lecteurs de documents marqués : O.M.R. (Optical Marks Recognition).

Eléments de corrigé

Les lecteurs de D.M. travaillent le plus souvent en série, faisant défiler les documents dans le sens de leur plus grande dimension. Ils utilisent des cellules photoélectriques et nécessitent quelques précautions dans le choix des *couleurs des encres d'imprimerie* utilisées pour l'impression des cadres de marquage de manière que seules, les marques rajoutées manuellement puissent impressionner les cellules.

S'il s'agit de cartes marquées, les cellules réagissent généralement aussi bien aux marques qu'aux perforations. Le dispositif de *lecture binaire* est alors indispensable, la valeur codique des emplacements de marquage étant absolument quelconque et toute combinaison possible (Figure 6.9 ou 6.12).

En pratique, les alvéoles de marquage sont plus «larges» qu'une perforation et le nombre de marques possibles est deux fois moins élevé que le nombre de perforations (comme pour le perfostyle).

La vitesse des lecteurs de marques est identique à celle des lecteurs de cartes et leur coût légèrement supérieur. Toutefois, si les lecteurs de documents marqués sont également capables de lire des caractères normalisés, leur coût est beaucoup plus élevé (voir énoncés 10 et 12 ci-dessous).

Figure 6.10 - Carte marquée (Mark-sensing à 3 colonnes)

Figure 6.11 - Carte marquée polyvalente (réduite)

Figure 6.12 - Marquage en « Binaire »

Série B. P. F

IMPRIMERIE SPÉCIALE DU CHÈQUE

PAYEZ CONTRE CE CHÈQUE

A l'ordre de

PAYABLE
PARIS - 12e
30, RUE SIBUET

Paris, le

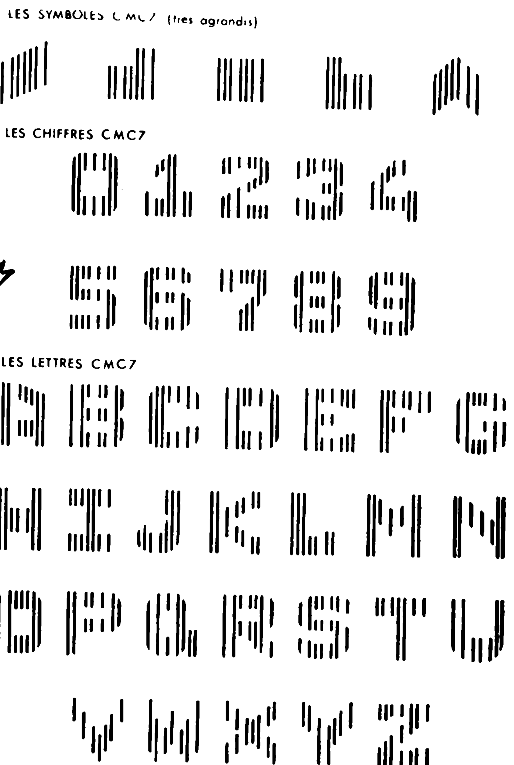
SPÉCIMEN
CHÈQUE POUR INFORMATION MAGNÉTIQUE
(N. F. K. 11-01)

I.B.C. PARIS

CHÈQUE N°

8550600 101370004066 1030290010 97

Figure 6.13 - Chèque magnétique (C.M.C.7)



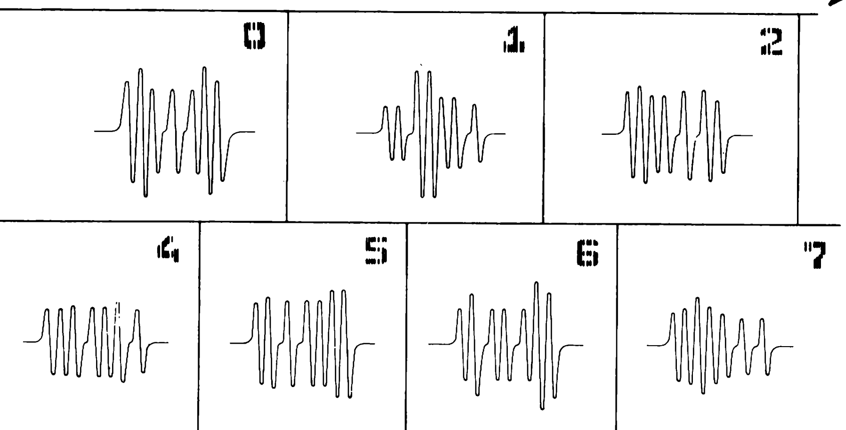


Figure 6.14. - Les caractères C.M.C.7 et les courbes électriques engendrées par leur lecture (de droite à gauche).

Enoncé 9

Les documents à caractères magnétisables (CMC7)

Eléments de corrigé

Ce type de document a été popularisé par les chèques bancaires qui utilisent le procédé depuis plus de dix ans sous le nom de C.M.C.7 (Caractères Magnétisables Codés à 7 barres ou bâtonnets) (1) (Fig. 6.13).

La composition de chaque caractère (chiffre ou lettre) utilise en effet toujours 7 barres verticales dont la longueur variable et éventuellement fractionnée permet de respecter la forme générale traditionnelle des chiffres ou des lettres qui sont ainsi reconnaissables à l'œil. Vu de plus près, chaque caractère fait apparaître des différences d'espacement entre chaque barre, les intervalles pouvanbt être « larges » ou « étroits ». Il en résulte 64 combinaisons possibles (2^6) qui donnent un moyen commode de codifier 64 symboles éventuels. En pratique, une quinzaine seulement de combinaisons sont couramment utilisées (Figure 6. 14).

Bien entendu, de tels caractères ne peuvent être « dessinés » manuellement (contrairement aux marques) et les documents doivent être préparés mécaniquement sur imprimantes spéciales d'ordinateur utilisant un « ruban à encre magnétisable ».

Ils doivent être complétés sur des machines à clavier dotées d'une sphère d'impression particulière, dites *post-marqueuses,* pour l'indication du montant d'un chèque par exemple en complément de la ligne inférieure préimprimée des différentes références (banques, succursale, N° de compte, N° de chèque).

La réduction de la frappe et l'augmentation de fiabilité résultant de l'usage du CMC7 ont permis l'extraordinaire développement actuel de ce moyen de paiement (10 millions de chèques par jour !).

Enoncé 10

Les lecteurs de documents C.M.C.7.

Eléments de corrigé

Les lecteurs de documents C.M.C.7. travaillent également en série et ne peuvent lire qu'une ou deux lignes de caractères sur des documents dont les dimensions sont assez limitées.

Le principe de la lecture consiste à faire défiler les caractères sous un ***poste de magnétisation*** *qui aimante les barres puis sous des têtes de lecture électromagnétiques qui délivrent des « tops » ou impulsions* ***plus ou moins rapprochés*** *selon l'écartement des barres. Ces différences de périodicité permettent aux circuits logiques du lecteur de déterminer le caractère lu et d'envoyer la traduction en « code interne binaire » vers la mémoire centrale.*

Ce procédé de lecture, souvent dénommé MICR (Magnétic Ink Character Recognition), est très fiable et laisse une totale liberté dans la conception et le remplissage des imprimés dont les cadres, textes ou signatures ne seront pas magnétisables évidemment, seules les barres des caractères à lire ayant été imprimées avec un ruban encreur spécial. Le papier doit toutefois être exempt de toutes impuretés métalliques.

La vitesse est un peu plus faible que celle des lecteurs de cartes ou de marques : 1 000 documents à la minute au maximum.

Très souvent le lecteur comporte un grand nombre de cases de réception qui lui permettent de ventiler ou *trier les chèques* qu'il vient de lire.

Pour cette raison essentiellement, ils sont nettement plus coûteux (à partir de 3 000 Frs par mois au minimum).

Une tendance récente consiste à lire ces caractères CMC7 au moyen de cellules photoélectriques classiques sans aucune magnétisation préalable. Il faut alors prendre soin d'éviter toute interférence avec d'autres impressions, signature des chèques notamment.

---

(1) Aux U.S.A., les caractères magnétisables sont très différents et connus sous le nom de « caractères E 13 B » alors que le CMC7 est adopté par toute l'Europe sauf la Grande Bretagne où les deux normes sont en concurrence (Figure 6.15).

JOHN H. DEPOSITOR
ADDRESS
CITY, STATE

No. 1

56-7890
1234

April 10 1959

PAY TO THE ORDER OF Herbert David Erickson $1959.00

Nineteen Hundred Fifty Nine & no/100 DOLLARS

NAME OF YOUR BANK
CITY, STATE

Raymond Edward Ziff

1234 7890 1238 4657 346 0000195900

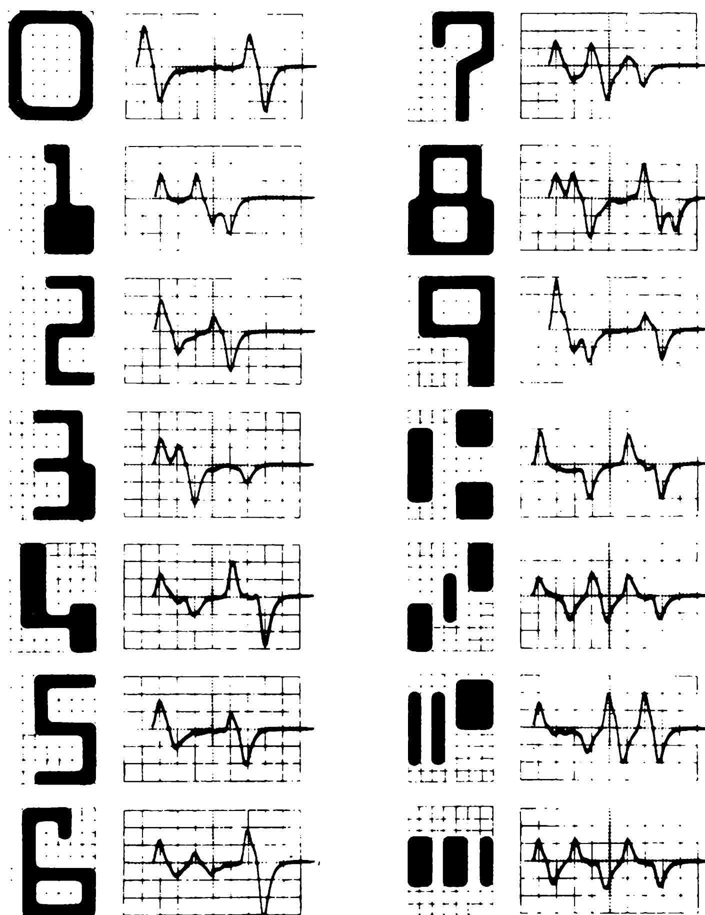


Figure 6.15 - Les caractères magnétiques E.13.B.

ABCDEFGHIJKLM
NOPQRSTUVWXYZ
0123456789
. ⑂ : ⑆ = + / ⑇ * ⑈ & |
' - { } % ? ⑀ ⑁ ⑉
ÜÑÄØÖÆÅ£¥

R.O.C. A

ABCDEFGH abcdefgh
IJKLMNOP ijklmnop
QRSTUVWX qrstuvwx
YZ*+,-./ yz m åøæ
01234567 £$:;<%>?
89 [@!#&,]
(=) " ' ` ^ ~ ˇ ¸
ÄÖÅÑÜÆØ ↑≤≥×÷°¤

R.O.C. B

Caractères normalisés
(les dimensions ne sont pas à l'échelle)

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
+ - * / < >

Tentative de normalisation des caractères
alphabétiques manuscrits (MATRA)

1428 0123456789
781 0123456789
NOF 0123456789
1287 0123456789

0123456789
ABCDEFGHIJKL
MNOPQRSTUVWX
YZ ⑂⑆⑇⑈⑉⑊
-+/.,$ ▌|
'():;&#?¶"=—

Farington 12 F

Caractères spécifiques à un constructeur (les dimensions ne sont pas à l'échelle)

Figure 6.16 - Les « polices » (ou Style ou Fontes) de caractères lisibles optiquement.

Enoncé 11

Les documents à lecture optique normalisé (R.O.C)

Eléments de corrigé

Des documents dits à « Reconnaissance Optique de Caractères » (R.O.C. ou O.C.R. en anglais) ont tendance à remplacer les documents CMC7 dont ils présentent les mêmes intérêts (double lecture, humaine et automatique) mais des contraintes de préparation différentes.

La forme et les dimensions des caractères doivent respecter des normes très rigoureuses appelées « police » ou « fonte » qui excluent toute inscription manuelle (Figure 6.16).

Ces polices, après avoir été spécifiques à certains constructeurs spécialisés (caractères 7 B de Farrington, NOF de NCR ou 1 428 d'IBM), sont devenues internationales sous deux variantes :

— la norme ROC - A (ou O.C.R.A.) limitée aux chiffres et lettres majuscules évite les courbes et présente un aspect heurté par rapport à nos habitudes. Cette norme est très répandue aux U.S.A.

— la norme ROC - B plus riche (minuscules) et surtout moins « torturée » quant à la forme mais limitée à l'Europe et nécessitant des lecteurs plus coûteux.

Les dimensions des documents peuvent être absolument quelconques et l'encre d'impression des caractères à lire ne réclame aucune caractéristique particulière si ce n'est une couleur très noire et mate.

Par contre, pour les cadres et titres du document lors de sa réalisation en imprimerie, les contraintes et précautions sont importantes.

Le papier doit avoir une bonne réflectivité pour améliorer le contraste encre-papier. Il doit être non brillant, opaque sans filigrane ni impureté. Surtout, les impressions destinées au seul utilisateur humain ne doivent pas agir sur le dispositif de lecture. On y parvient par l'emploi de couleurs possédant un pigment particulier (sans carbone) connues sous le nom de « teintes pastel » bleu, vert, rose (Figure 6.17).

Une des applications les plus connues est celle des cartes de crédit dont les caractères en relief sont « stylisés » et permettent de créer des factures lisibles optiquement. La machine d'estampage utilisée par le commerçant est également munie de caractères normalisés pour indiquer le N° de son compte bancaire, la date et le montant de la facture (Figure 6.18).

Enoncé 12

Les lecteurs optiques de documents normalisés.

Eléments de corrigé

Le problème à résoudre par les lecteurs optiques est beaucoup plus complexe que celui posé aux autres dispositifs d'entrée d'informations.

Ils doivent en effet reconnaître la signification d'un caractère d'après son contour précis et sa dimension rigoureuse, parmi une cinquantaine de cas possibles.

Deux procédés différents sont utilisés :

S'il s'agit de ne lire que des ***chiffres*** *et si la « police » s'y prête particulièrement bien (caractère N.O.F.) deux ou trois cellules photo-électriques suffisent pour lire une ligne de chiffres. Ce procédé est connu sous le nom de* ***balayage*** *et est surtout utilisé par les lecteurs optiques de bandes de caisses enregistreuses ou de machine à calculer (Figure 6.19).*

Pour des « polices » plus riches on utilise une rétine électronique formée d'une ***matrice*** *ou mosaïque de petites cellules appelées photo-diodes sur laquelle est projetée, par un jeu de miroirs, l'« ombre chinoise » agrandie du caractère à reconnaître (Figure 6.20). Chaque photo-diode reçoit ainsi plus ou moins de lumière et émet un courant proportionnel à l'intensité lumineuse reçue. Un véritable microcalculateur intègre alors toutes ces « mesures » et en détermine une « valeur binaire » qui doit correspondre au « code interne » du caractère lu. On comprend facilement que la moindre altération de forme ou de dimension*

BULLETIN DE COMMANDE

Nom et Adresse du client	Code client	Date
MONSIEUR P DURANT 16 RUE DE TABARKA 92 PLESSIS ROBINSON	72.451.12	20.09.73

CODE PRODUIT 1	DESIGNATION DU PRODUIT 2	QUANTITE 3	PRIX UNITAIRE 4	PRIX TOTAL 5
2050	CAFE MOUTURE FINE	5	3.10	15.50
2061	THE CEYLAN	1	12.90	12.90
3012	BISCUITS ASSORTIS	2	6.50	13.00
3267	HUILE MAIS	1	4.50	4.50
4187	PETITS POIS EXTRA FINS .BOITE 4/4	10	1.80	18.00
4221	HARICOTS VERTS TRES FINS .BOITE 1/2	6	0.92	5.52
4534	SARDINES A L HUILE D OLIVE .BOITE 1/15	5	0.75	3.75
6528	CHAMPAGNE L ADNIX	[illegible]	[illegible]	228.00

Figure 6.17 - Document lisible optiquement (R.O.C. A).

4972 409 528 102 31200
Francs Centimes
MONTANT TOTAL
04/78

MONSIEUR
36 AV MARGUERITE RENAUDIN
9214[illegible] CLAMART
NOM ET ADRESSE DU CLIENT

DATE
N° AUTORISATION

4014587013 151277

A L ARC EN CIEL
92 CLAMART
NOM ET ADRESSE DU COMMERÇANT

SIGNATURE DU CLIENT

745444
carte bleue
CB

EXEMPLAIRE A CONSERVER PAR LE CLIENT POUR CONTROLE DE SON RELEVE BANCAIRE

Police « 7 B »

Police « R.O.C. A »

Figure 6.18 - « Facture » en caractères normalisés (numériques seulement) à partir d'une carte de crédit

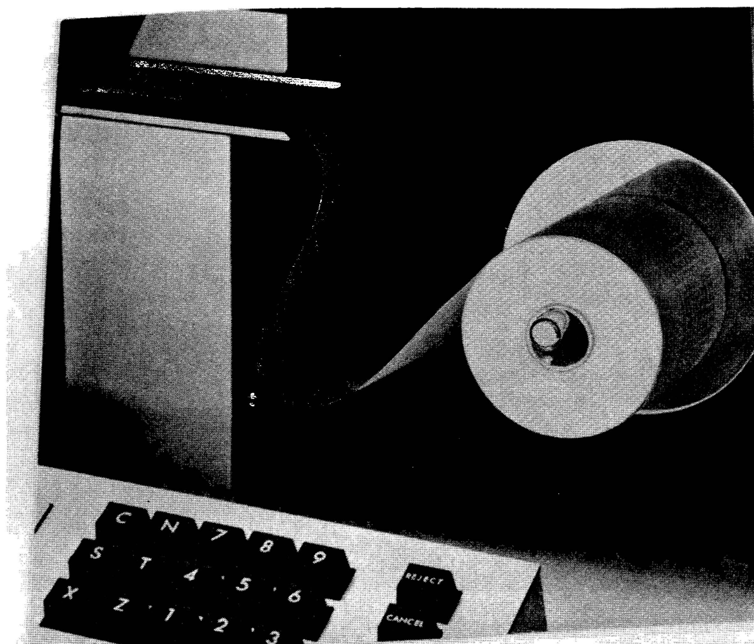


Figure 6.19 - Lecteur optique de bandes

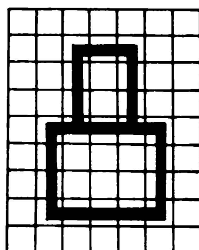


Figure 6.20 - Lecture d'un 8 (R.O.C. A) sur une rétine électronique de 63 photo-diodes.

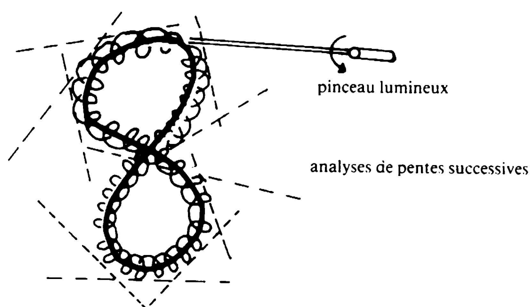


Figure 6.23 - Principe de lecture optique d'un huit manuscrit

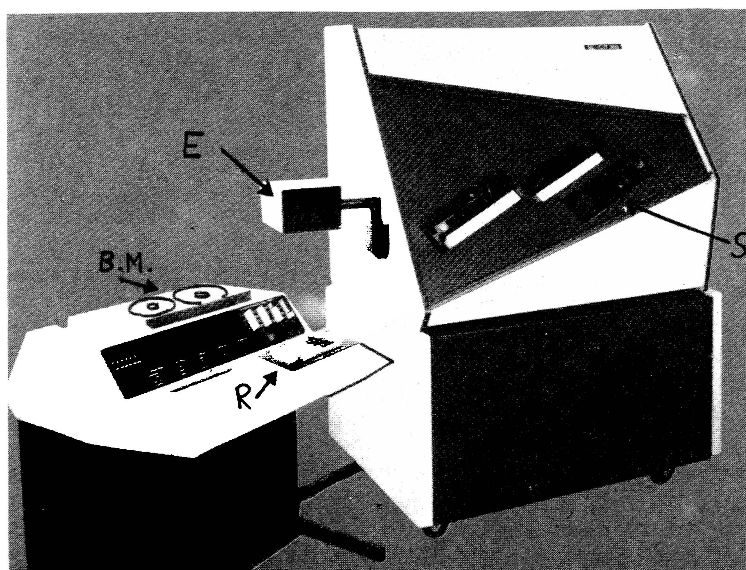


Figure 6.21 - Lecture optique de pages avec case de sélection (S).
Ecran d'affichage des impossibilités de lecture (E) et clavier de rectifications (R).
L'enregistrement se fait sur bande magnétique (B.M.).

SORTIES DE MAGASIN

BRANCHEMENT

MODELES D'ECRITURE
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 X

01 — MAG. P: 14 — S MAG: 25 — MOIS: 10 — AN: 78

IMPUTATION ANALYTIQUE

COLLIERS DE PRISE EN CHARGE

ARTICLES		NOMENCLATURES	Q S	ARTICLES	NOMENCLATURES	Q S
FONTE	DN 60	612400060 ▶		DN 150	612400150 ▶	2
	DN 80	612400080 ▶	8	DN 200	612400200 ▶	1
	DN 100	612400100 ▶			▶	
	DN 125	612400125 ▶			▶	
A. CIMENT	DN 60	613400060 ▶		DN 125	613400125 ▶	6
	DN 80	613400080 ▶		DN 150	613400150 ▶	12
	DN 100	613400100 ▶	14		▶	
PCV	DN 50	614400050 ▶		DN 90	614400090 ▶	4
	DN 63	614400063 ▶		DN 110	614400110 ▶	[illegible]
		...0075 ▶			...4400140...	

Figure 6.22 - Document manuscrit lisible optiquement (partiellement préimprimé en caractères R.O.C. B).

fausserait tous les calculs. C'est pourquoi la plupart des lecteurs sont équipés d'un système de rectification plus ou moins perfectionné. Un écran de visualisation affiche le caractère douteux dans son contexte et une opératrice intervient sur un clavier pour en préciser la valeur. Dans les lecteurs les plus perfectionnées cette rectification n'interrompt pas la lecture des documents normaux grâce à un véritable multitraitement utilisant une mémoire pour stocker l'image des rejets. Le nombre de ceux-ci est généralement inférieur à 3 % si toutes les précautions concernant le papier et les impressions ont bien été observées.

Une autre solution peut consister en l'éjection du document mais provoque un décalage des rectifications généralement peu gênant.

L'alimentation des documents comporte également deux variantes. Si le lecteur ne peut traiter qu'une seule ligne à la fois, le document défile «en série» sous le dispositif de lecture dans le sens longitudinal. Ses dimensions maximales sont alors assez réduites de l'ordre de 12 × 25 centimètres au maximum.

Au contraire, dans le cas d'un «lecteur de page» la feuille entière reste immobile et les lignes sont balayées par le dispositif de lecture. Les dimensions acceptables sont beaucoup plus grandes, format A 4 généralement (210 × 297 mm).

La vitesse théorique ne peut s'exprimer qu'en nombre de caractères lus par seconde. Elle est au maximum égale à 3000. La vitesse pratique est beaucoup plus difficile à évaluer faisant intervenir outre le nombre de caractères par ligne; le nombre d'interlignes, la dimension du document et surtout la tolérance vis à vis de la qualité d'impression, la machine *essayant plusieurs fois* de déchiffrer tout caractère imprécis.

Dans ces conditions, il est hasardeux de compter plus de 1000 lignes à la minute.

Un dispositif de sélection dans des cases de réception multiple est presque toujours optionnel (Figure 6.21).

L'éventail de prix de ces lecteurs est très large surtout du fait que certains d'entre eux peuvent lire *plusieurs polices* ou styles de caractères successivement (multifont) ou *simultanément* au cours d'un même passage (mixedfont). Les coûts de location minima sont de l'ordre de 5000 francs par mois mais peuvent atteindre 30000 Frs.

Enoncé 13

Les documents manuscrits lisibles optiquement.

Eléments de corrigé

Les deux procédés précédents (CMC7 ou ROC) nécessitaient une préparation mécanique du document à lire du fait même des contraintes de profil et de dimensions des caractères. En somme, il n'y a que «déplacement du problème» de la saisie des informations s'il faut taper sur le clavier d'une machine à écrire spéciale au lieu de celui d'une perforatrice de cartes. Le procédé n'est donc intéressant que si la majeure partie (chèque) ou la totalité des informations (cartes de crédit) a pu être générée automatiquement sans aucune frappe.

Malheureusement, dans la majorité des cas, les informations à traiter sont *imprévisibles* et constatées ou notées par un être humain sous forme *manuscrite.*

La véritable solution au problème de la saisie des informations consiste donc à lire directement l'écriture manuscrite.

Des réalisations pratiques existent depuis quelques années. Elles exigent un minimum d'effort calligraphique de la part du rédacteur (notamment pour éviter les risques de confusion entre les uns et les sept par exemple) mais surtout sont *limitées aux seuls chiffres* et quelques symboles (+ — /) à l'exclusion des lettres de l'alphabet (sauf quelques-unes comme C ou X généralement) (1).

Par contre, la forme et les dimensions des documents peuvent être quelconques. Ils doivent toutefois présenter des cases isolées pour réduire les variations d'emplacement et de dimensions de chiffres manuscrits. Un modèle des chiffres à utiliser est souvent fourni sur le document même (figure 6.22).

(1) Une tentative pour lire des caractères alphabétiques manuscrits légèrement modifiés (MATRA) n'a pas rencontré beaucoup de succès commercial.

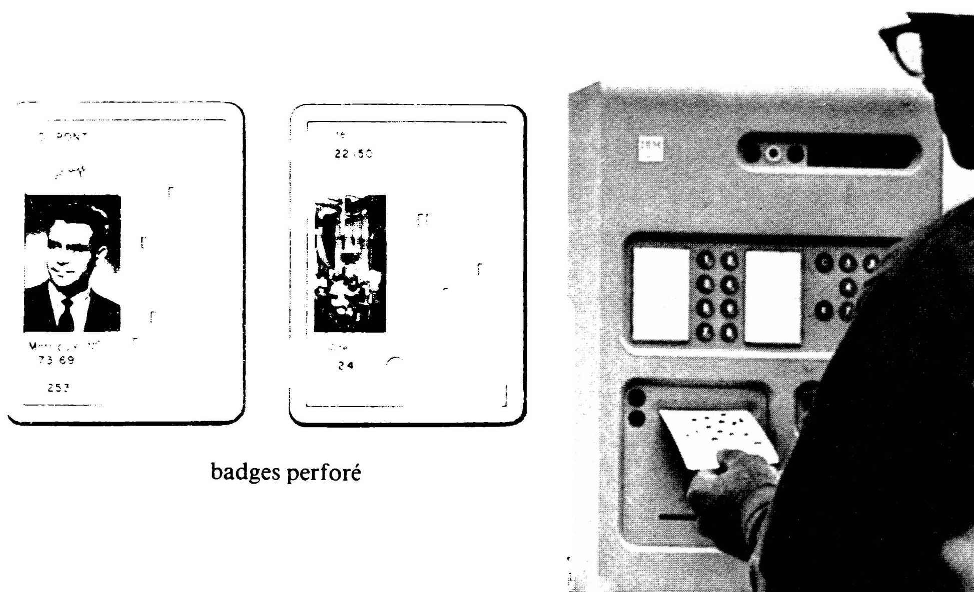


Figure 6.23 bis - Lecteur de badges (ou cartes) perforés

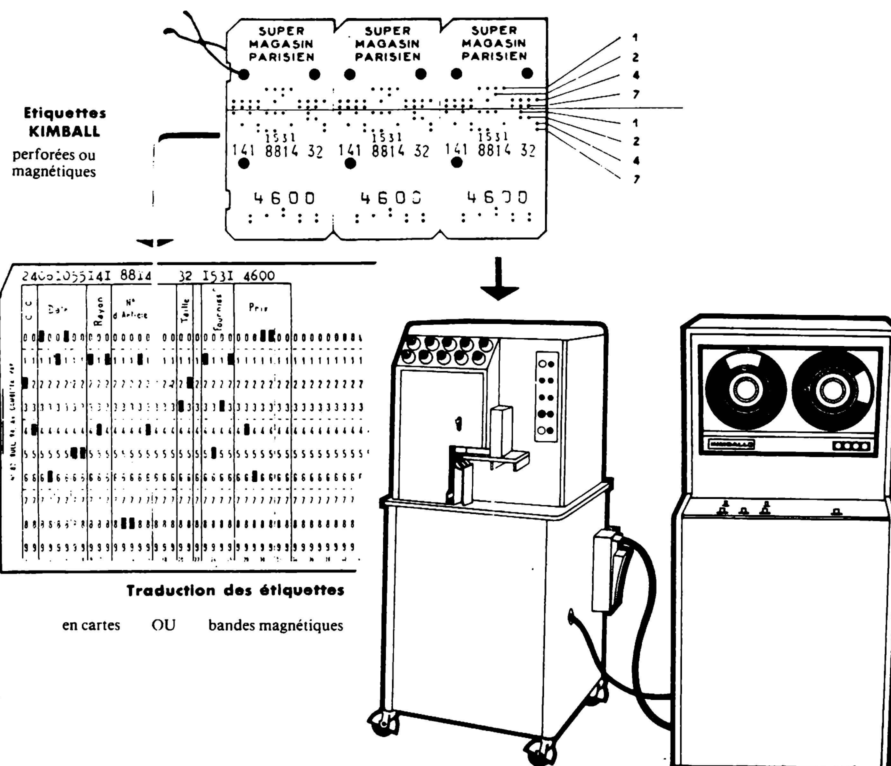


Figure 6.24 -

Enoncé 14

Les lecteurs optiques de chiffres manuscrits.

Eléments de corrigé

Il est facile de comprendre qu'avec le « contour manuscrit » des caractères, il n'est plus possible d'utiliser les réactions de cellules devant reconnaître un profil rigoureusement calibré. La moindre altération fausserait toute tentative d'identification.

Les lecteurs utilisent donc un procédé très original dit parfois « topologique » consistant à *faire suivre le profil* du caractère par un « spot » provenant d'un pinceau lumineux et qui tourne en spirale autour du caractère à reconnaître. La machine *analyse les déplacements* du pinceau et notamment ses changements brusques de direction avec une remarquable efficacité pour les chifres usuels suffisamment discriminants entre eux et une demi-douzaine d'autres symboles. Pour les lettres, malgré l'existence d'une normalisation internationale, une réalisation commerciale (MATRA) n'a pas eu de suite... sans doute en raison des risques de confusion trop fréquents (la sémantique des mots étant impénétrable pour une machine) et de la complexité de l'analyse des déplacements du pinceau (Figure 6.23).

La vitesse de lecture est trois fois moindre que pour les caractères normalisés et les taux de rejets beaucoup plus importants (parfois plus de 5 %). C'est le principal inconvénient du système sans parler du prix qui est *toujours très élevé*, le lecteur devant généralement être « mixedfont » c'est-à-dire capable de lire à la fois des caractères manuscrits et des caractères normalisés. On peut ainsi préparer les documents au maximum (sur une imprimante spéciale) qui ne sont plus ensuite que complétés à la main.

Enoncé 15

Autres supports bivalents de l'information.

Eléments de corrigé

Depuis quelques années, on assiste à une floraison de supports spécifiques à certaines applications apportant d'excellentes solutions au problème crucial de la saisie des données. On peut citer les différents badges ou étiquettes, perforés ou magnétiques, lus directement ou après complètement plus ou moins automatique (appareil de pointage) ou manuel (clavier) (Figure 6.23 bis).

Notamment des étiquettes perforées ou magnétiques à trois volets permettent d'enregistrer directement les ventes dans les rayons des grands magasins (Figure 6.24).

Autre exemple, le contrôle des heures de présence notamment en cas d'application d'horaire souple ou variable. On peut également rappeler ici l'existence de fiches de compte à piste magnétique utilisées sur les ordinateurs de bureau qui s'inspirent de la même idée.

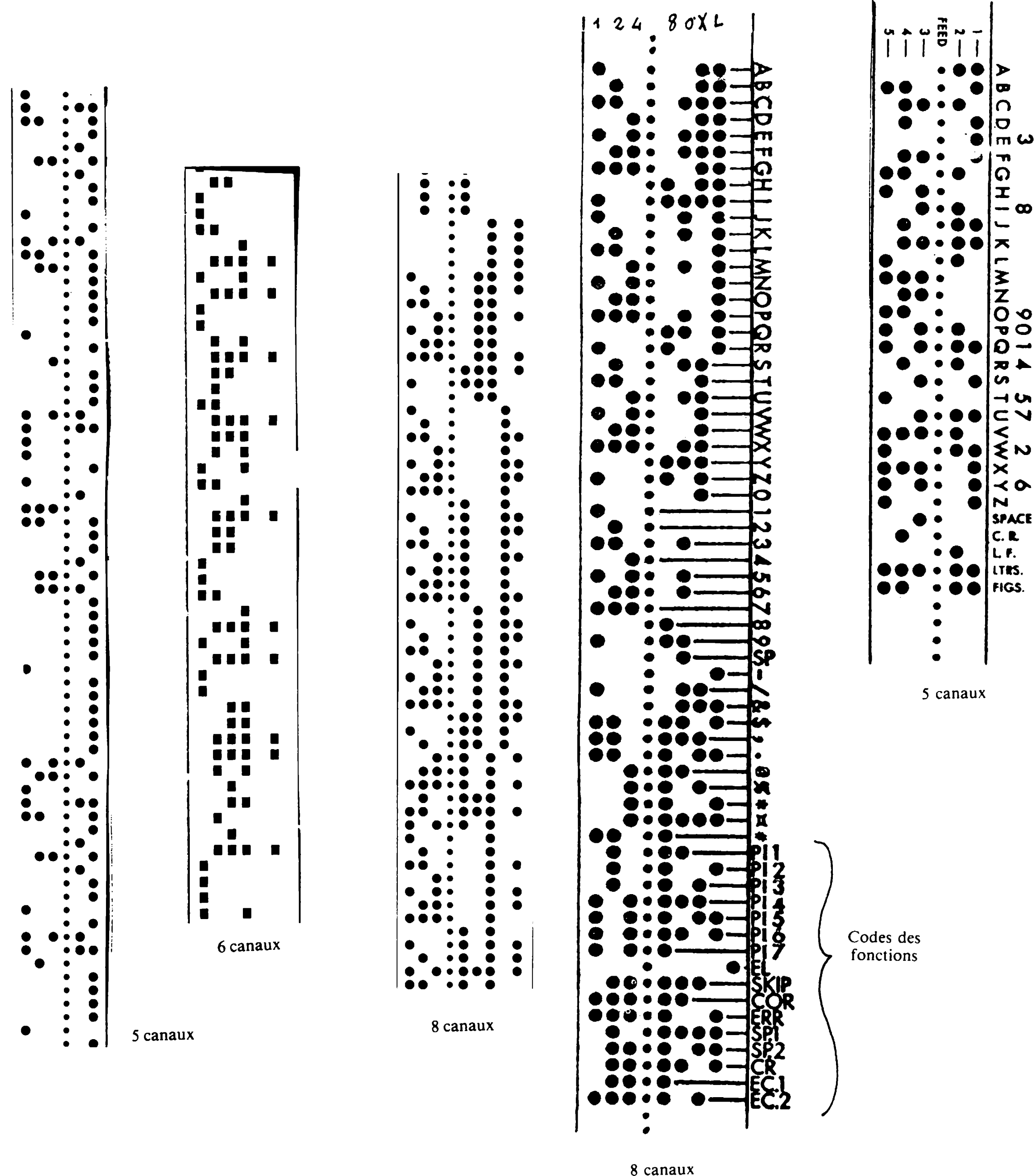
Enfin, les cartes de crédit avec pistes magnétiques, seront bientôt équipées d'un micro-ordinateur (Carte IPSO) capable de mémoriser les transactions et calculer le solde disponible !

Enoncé 16

Le plus ancien support informatique spécifique : le ruban perforé.

Eléments de corrigé

Le ruban perforé est beaucoup moins ancien que la carte perforée mais nous avons considéré que cette dernière était un support bivalent car lisible à l'œil, notamment quand elle est traduite, ce qui est presque systématique aujourd'hui. Au contraire, les perforations d'un ruban ne sont pratiquement pas exploitables humainement parce qu'elles ne sont jamais traduites, que leur codification est beaucoup plus complexe et qu'elles se suivent sans séparations nettes sur des décamètres de ruban.



Figures 6.25 - Rubans perforés

traduction des codes

Les rubans perforés peuvent se présenter sous quatre formes selon leur largeur (1 pouce, 5/6'' ou 4/6'') et le nombre de pistes (ou canaux ou voies) qu'ils comportent : 5, 6, 7, ou 8.

Toutefois les deux formats à 5 et 8 canaux prédominent nettement (voir Figure 6.25).

*Les rubans à **cinq canaux** utilisent le code **telex** international qui comporte deux particularités :*

1°) Des combinaisons de perforations identiques sont utilisées pour certains chiffres et certaines lettres, ce qui oblige à utiliser un code spécial (dit rémanent) pour signaler que les perforations qui suivent sont numériques ou alphabétiques (LTRS. SHIFT. ou FIGS. SHIFT. sur la figure).

2°) Aucune perforation de contrôle n'est prévue.

*Les rubans à **huits canaux** ont des possibilités plus intéressantes SIX perforations sont réservées à la codification des chiffres, lettres et autres symboles. La 8e piste sert pour des combinaisons de commande (notamment en télétransmission) et la 5e permet un contrôle dit de parité ou d'imparité (check). En effet, elle peut comporter une perforation supplémentaire pour rendre le nombre total de perforations toujours impair dans chaque colonne (1).*

Rappelons que les rubans perforés sont presque toujours créés par une machine mécanographique à titre de *sous-produit*. Par exemple, une machine facturière éditant des factures locales dans les succursales d'une entreprise sera munie d'un perforateur de ruban qui enregistre automatiquement les éléments intéressants de la facture. Ces rubans pourront être adressés au service informatique central où leur lecture permettra d'effectuer toute sorte de travaux découlant de la facturation sans aucune frappe à nouveau sur un clavier.

Evidemment, le procédé n'est pas d'une fiabilité absolue, l'opératrice de la facturière s'occupant en priorité du document qu'elle imprime et non du ruban qui ne peut être vérifié par une deuxième frappe contradictoire.

Enoncé 17

Les lecteurs de rubans perforés.

Eléments de corrigé

Les lecteurs de rubans perforés sont certainement l'élément périphérique le plus économique qui soit. Leur coût de location est inférieur à 500 F par mois.

Leurs dispositifs de lecture sont aujourd'hui composés de cellules photoélectriques mais des systèmes à balais se rencontrent encore.

Les vitesses atteignent mille caractères par seconde. Certains lecteurs peuvent lire plusieurs codes différents mais la plupart sont spécialisés sur un type de ruban.

Enoncé 18

Les bandes magnétiques de saisie.

Eléments de corrigé

Les bandes magnétiques existent depuis près de vingt ans. Mais elles ont surtout été utilisées à l'origine comme mémoire auxiliaire sous leur forme standard (bande d'un demi-pouce de large et de 2400 pieds ou 730 mètres de long.)

Nous les étudierons plus en détail au chapitre 8.

---

(1) Une grande variété de codes sont utilisés, la figure 6.25 en propose deux différents dont l'un utilise un contrôle de parité et l'autre d'imparité.

Figure 6.26 - Encodeur de bande monoclavier (key to tape)

Figure 6.27 - Principe de fonctionnement d'un encodeur Multiclavier (ordinateur de saisie).

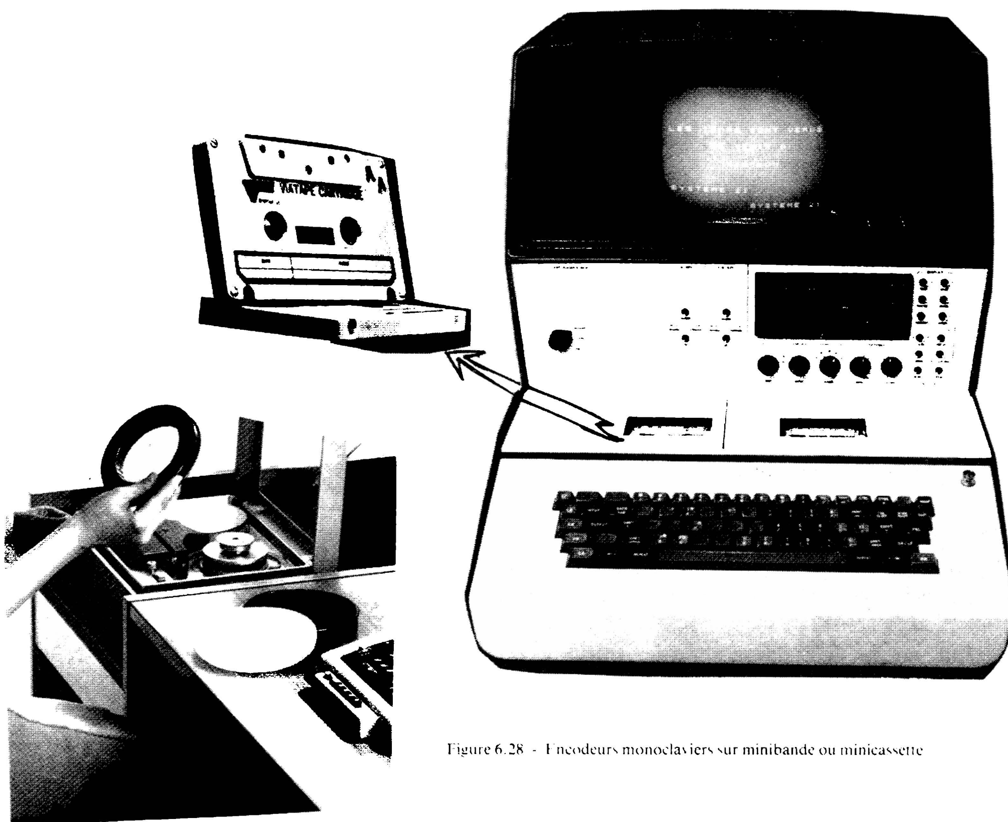


Figure 6.28 - Encodeurs monoclaviers sur minibande ou minicassette

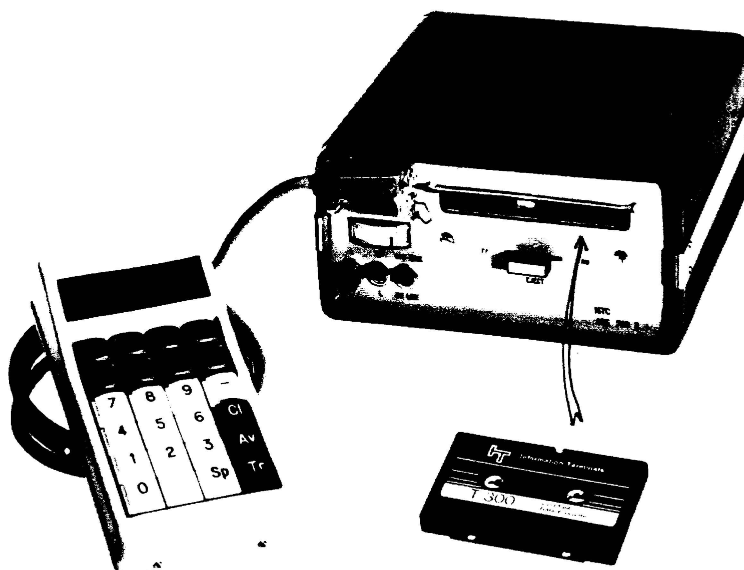


Figure 6.29 - Encodeur portatif

Mais depuis 1970 environ, il est possible d'enregistrer des informations « primaires » ou « fraîches » sur bande grâce à des matériels à clavier appelés encodeurs magnétiques ou « data recorders » ou « Key to tape » (Figure 6.26).

Certains de ces encodeurs créent directement les bandes standards ci-dessus, notamment lorsqu'ils sont équipés de plusieurs claviers (encodeurs dits multiclaviers ou ordinateurs de saisie (Figure 6.27). Plus généralement au contraire, les encodeurs monoclaviers créent des minibandes (200 pieds ou 60 mètres de long) voire des minicassettes (Figure 6.28). Ces dernières existent en deux versions :

— *cassettes 1/4 de pouce à quatre pistes dites type 3M de plus d'1 million d'octets.*
— *cassettes « norme ECMA » de 3,8 mm et 90 m de long analogues à celles des magnétophones mais avec des marques perforées en début et fin de bandes dites B.O.T. et E.O.T. et une capacité de 250000 caractères (à la densité de 800 b.p.i.[1] permettant l'enregistrement de 3 journées de frappe environ.*

*Il existe des versions allégées d'encodeurs de minicassettes **portatifs** (Figure 6.29) parfois complétés par un crayon de lecture magnétique ou optique (voir énoncé 22).*

Enoncé 19

Lecteur de bandes magnétiques.

Eléments de corrigé

Ici encore ces lecteurs servent surtout pour exploiter les bandes en tant que mémoire et permettent d'enregistrer ou de lire. C'est pourquoi ils sont connus sous le nom « neutre » de *« dérouleurs »* de bandes magnétiques. Ils seront étudiés au chapitre 8.

Toutefois, en cas de minibandes, un regroupement préalable s'impose et un matériel convertisseur dit « pooler » est indispensable pour créer des bandes standards dites *compatibles.* La vitesse de lecture des cassettes peut atteindre 20 ips (inch per second) soit 0,50 m par seconde ou 3 minutes pour une cassette de 250000 octets.

Enoncé 20

Les disques souples ou disquettes.

Eléments de corrigé

Depuis 1975 un nouveau support spécifique est apparu sur le marché et connaît un vif succès. Il s'agit du *disque souple* encore appelé mini-disque, floppy disk ou *disquette.* D'un diamètre de 8 pouces, voisin de celui d'un « 45 tours » du commerce, il permet l'enregistrement de près de 250000 caractères sur une seule face à partir d'un clavier d'« enregistrement magnétique » ou « key to disk ». Le disque en mylar est contenu dans une enveloppe cartonnée carrée de 20 cm de côté *dont il ne sort jamais,* une fente de l'enveloppe permettant l'accès des têtes de lecture (Fig. 6.30).

Dans sa version standard d'origine, il comporte 74 pistes utiles de 26 secteurs de 128 caractères chacun à une densité variable de 1836 bpi à la périphérie jusqu'à 3 268 bpi au centre.

Depuis d'autres versions double-face et à plus haute densité atteignant plus d'un million de caractères, ont été commercialisées ainsi que des formats plus réduits (5 pouces) appelés MICROdisquettes pour la même contenance d'origine (250000).

Les secteurs (voir chapitre 8) sont délimités par une perforation et sont au nombre de 8 à 32 selon les modèles.

---

(1) b.p.i. = bits per inch. ou nombre de chiffres binaires par pouce ; 800 bpi représentent ainsi environ 40 octets au centimètre.

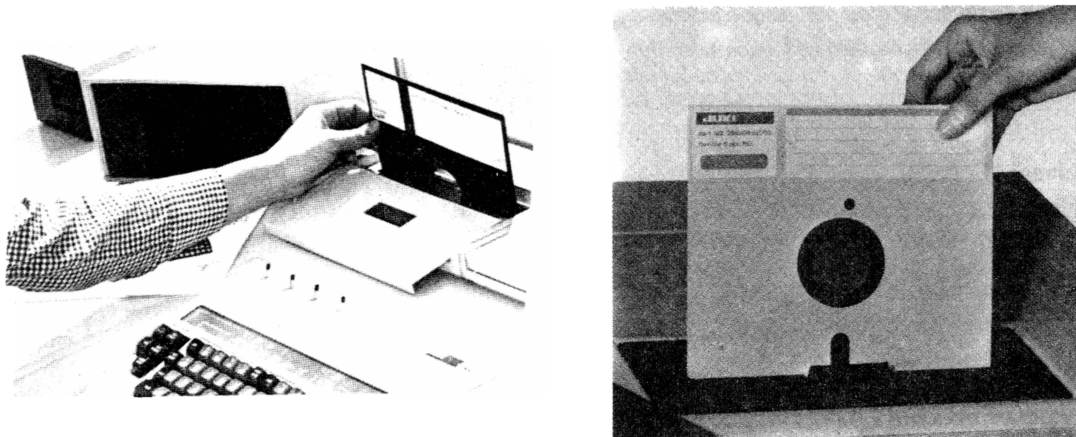
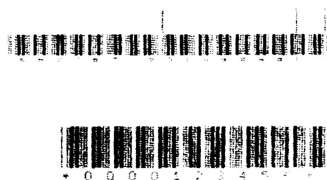


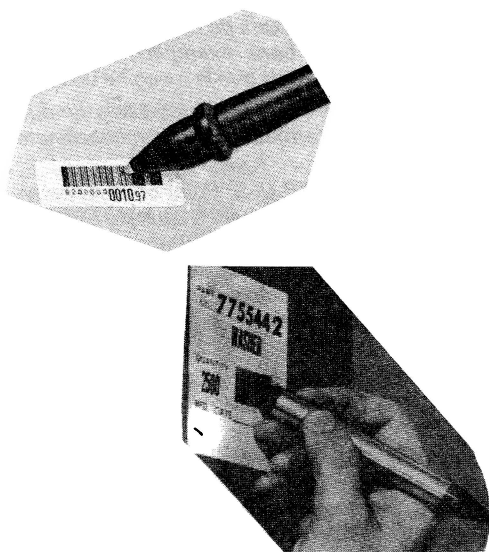
Figure 6.30 - Minidisque ou disque souple ou disquette



Préimprimés sur emballages



Imprimés par imprimantes spéciales



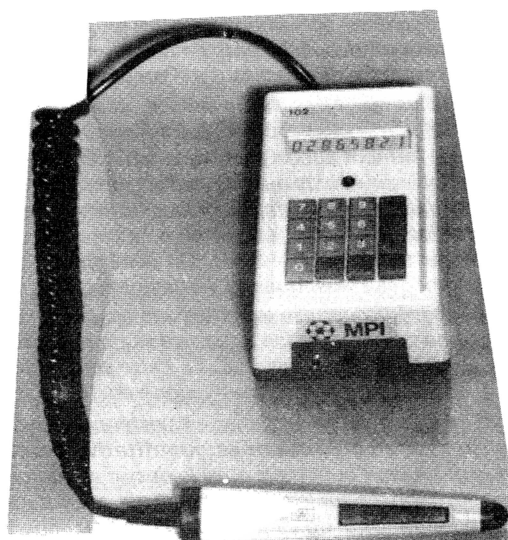


Figure 6.31 - CODES à BARRES DIVERS
et leurs CRAYONS LECTEURS...
Le clavier permet d'introduire des données supplémentaires (inventaire par exemple)

Le prix d'achat d'un minidisque est de 30 francs environ.

Des précautions d'emploi minimales doivent être observées. Le disque souple craint la chaleur (> 50°) et l'humidité, le contact des doigts (ne jamais le sortir de l'enveloppe), la poussière (cendre notamment) et la proximité prolongée d'objets métalliques : ciseaux, trombones et aimants évidemment.

Enoncé 21

Lecteurs de disques souples.

Eléments de corrigé

Les lecteurs de disques souples ont beaucoup d'analogie avec les unités de disques plus traditionnels que nous étudierons au chapitre 8.

Dans leur stricte fonction de lecture, ils explorent les pistes successivement à l'aide d'une seule tête de lecture se déplaçant à travers la fente de l'enveloppe et faisant contact avec la surface à lire qui tourne à 360 tours/minute.

On se doute qu'ils sont aussi capables de conserver des informations ou d'en *rechercher sélectivement*. C'est pourquoi ils ont tendance à jouer aussi le rôle de mémoire auxiliaire notamment sur les miniordinateurs et ordinateurs de bureau.

Enoncé 22

Autres supports humainement illisibles.

Eléments de corrigé

Comme pour les supports bivalents de nombreux procédés généralement magnétiques permettent de lire automatiquement des informations préenregistrées. Mais ici l'on a sciemment recherché à rendre impossible toute lecture humaine dans un but de contrôle ou de secret. Les tickets de métro et les cartes de crédit utilisées dans les distributeurs de billets de banque en sont de bons exemples. Leurs pistes magnétiques comportent des informations que le détenteur ne peut pas lire mais que la machine vérifiera.

On rencontre également de plus en plus de « capteurs d'informations » spécialisés. Dans l'industrie notamment où des dispositifs de mesure fournissent directement leurs informations à des miniordinateurs dits de « contrôle de processus » (Process Control).

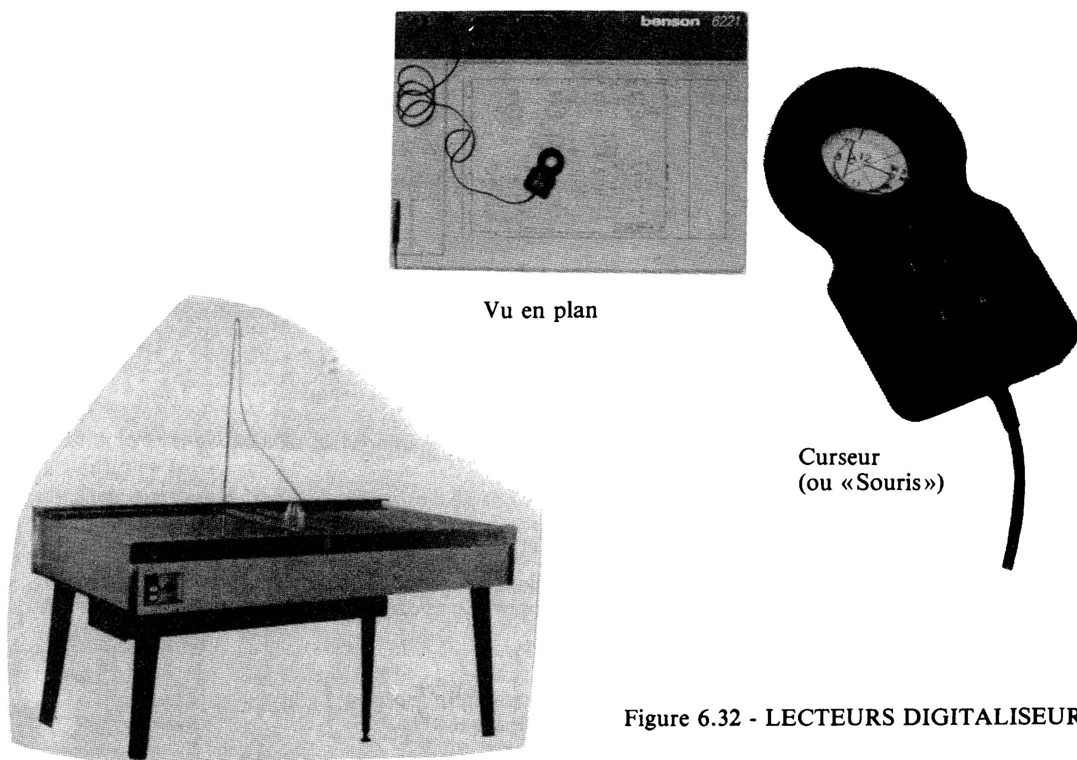
*Dans les magasins à libre service, des **« Terminaux Points de vente »** (P.O.S. Point of Sale) peuvent lire les références des produits indiqués sous forme de **« code-barres »**. Contrairement à ceux du CMC7, ces codes ne forment aucun profil reconnaissable à l'œil*[1]*. Les chiffres sont représentés par des barres plus ou moins épaisses et plus ou moins espacées imprimées sur les emballages des produits. Aux caisses de sortie, ceux-ci défilent sur un tapis roulant devant la fente du dispositif de lecture. Dans d'autres versions, c'est l'opératrice qui balaye les barres à l'aide d'un **« crayon lecteur électronique »** comportant une cellule photo-électrique (Figure 6.31). On peut ainsi rechercher automatiquement les prix correspondant tout en effectuant des statistiques de vente et mise à jour de stocks immédiates.*

Le procédé suppose toutefois que ces « codes-barres » soient imprimés par le fabricant du produit ce qui exige une standardisation nationale sinon européenne des codes utilisés. Réalisée sous le nom d'UPC (Universal Product Code) aux U.S.A., cette standardisation est étudiée en France par le « GENCOD » en respect d'un accord européen dit EAN signé en 1977.

*Signalons pour terminer, l'existence de « digitaliseurs », remarquables appareils permettant de transformer en **coordonnées quantitatives,** une « courbe » ou graphique à entrer en ordinateur. Sur une table graduée, l'opérateur pose le dessin et suit ensuite le contour à digitaliser à l'aide d'un « traceur » dont les coordonnées sur les axes vertical et horizontal sont automatiquement transférés avec une fréquence et à partir d'origine qui doivent être précisées au départ (Figure 6.32).*

---

(1) Ils sont parfois « Traduits » en impression traditionnelle (c'est le cas des exemples de la figure 6.31).



Vu en plan

Curseur
(ou « Souris »)

Figure 6.32 - LECTEURS DIGITALISEURS

Enoncé 23

Les entrées directes par clavier.

Eléments de corrigé

L'emploi des claviers comme moyen d'entrée des informations comporte un grand nombre de variantes en rapport avec le mode d'exploitation de l'ordinateur (revoir chapitre 1).

Dans le traitement par lots (batch processing), l'ordinateur devant lire rapidement de grandes masses d'informations, il est évident qu'un clavier ne peut répondre à cette exigence. Celui qui existe généralement ne sert qu'au « pupitreur » pour donner des ordres ponctuels à la machine ou introduire quelques constantes (date du jour par exemple) ou encore pour dépanner un programme.

Dans le traitement transactionnel au contraire, les claviers, associés à un moyen de sortie sous le nom de consoles ou de terminaux, jouent un rôle *primordial* dans l'entrée des informations(1). Nous en approfondirons l'étude au chapitre suivant.

Enfin rappelons que si l'ordinateur « fait corps » avec son clavier, nous sommes en présence de la version moderne de la machine comptable sous le nom *d'ordinateur de bureau.* Le clavier y est *essentiel* et l'opératrice qui le sert est soumise à une norme de *rendement* dont dépend essentiellement la rentabilité de la machine.

Des miniclaviers numériques complètent fréquemment des matériels de saisie portatifs. (figures 6.29 et 6.31).

(1) Il est évident qu'ils peuvent aussi être « utilisés en batch » comme moyen de saisie direct mais nécessitent alors un stockage provisoire dans l'ordinateur assez peu économique en général.

Enoncé 24

Les modes de connexion des unités d'entrée à l'unité centrale.

Eléments de corrigé

Nous avons déjà souligné que la liaison d'un élément périphérique à l'unité centrale se faisait fréquemment par l'intermédiaire d'unités de contrôle et de canaux mais ceux-ci sont en quelque sorte «transparents» à l'utilisateur et n'interviennent surtout que dans le prix des matériels ou dans leur simultanéité de fonctionnement (voir chapitre 9).

Par contre, la plupart des unités d'entrée que nous venons d'étudier peuvent alimenter l'unité centrale de trois façons différentes :
— directement et à proximité (ON-LINE) ;
— directement mais à distance (télétraitement ou téléprocessing ou REMOTE) ;
— indirectement par recopie sur un support (OFF-LINE) éventuellement à distance.

Le premier mode, ON-LINE, ne pose aucun problème. Tous les éléments étudiés peuvent se connecter au moyen de câbles pouvant atteindre 600 mètres.

Au-delà de cette distance, il s'agit de télétransmissions qui nécessitent des appareillages spéciaux. De plus si les lignes traversent le domaine public, le monopole des P.T.T. entraîne quelques complications, notamment du point de vue tarifaire (voir chapitre 14).

Lorsqu'un «périphérique d'entrée» travaille de façon autonome, OFF-LINE, il ne peut s'agir que d'un ***changement de support*** *réalisé par un appareil spécifique désigné sous le nom générique de «convertisseur» parfois intégré au lecteur.*

Les conversions les plus fréquemment rencontrées sont :
— *les minibandes ou minicassettes en bandes magnétiques standard (pooler) ;*
— *les documents optiques en bandes magnétiques (revoir Figure 6.21) ;*
— *les rubans perforés en cartes ou bandes ;*
— *les chèques CMC7 en bandes magnétiques ;*
— *les impulsions télégraphiques en rubans perforés (télex) ;*
— *les impulsions téléphoniques en bandes magnétiques ;*
— *les minidisques en bandes magnétiques (Figure 6.33) ;*
— *etc...*

Les cartes perforées sont souvent tranférées sur bandes magnétiques mais surtout ***en utilisant l'unité centrale*** *(opération dite de carte à bande) pour effectuer le maximum de contrôles programmés.*

Enoncé 25

Conclusion sur les éléments d'entrée.

Eléments de corrigé

De cette longue énumération, il appert que l'embarras du choix devient chaque jour plus évident en matière d'introduction des données dans un système informatique.

Cette prolifération s'explique par le coût toujours élevé de la saisie ou collecte des informations supérieur, et de beaucoup, à celui de leur traitement. Il faut savoir en effet que la *frappe sur un clavier* (quelconque) de cent caractères à introduire revient à *près d'UN franc (1) !*

L'organisateur informaticien se doit de lui accorder une attention prioritaire et l'évolution technologique réduisant sans cesse le coût des unités centrales ne fait qu'accentuer cette évidence, davantage chaque année.

L'élément d'entrée que l'on rencontre le plus fréquemment sur tout ordinateur (sauf les micro-ordinateurs et ordinateurs de bureau) est le lecteur de cartes perforées. La raison principale vient de ce que les *programmes* sont introduits sous cette forme lors de leur *traduction initiale* (voir 2[e] partie), les cartes perforées *traduites* se révélant comme un moyen *commode* et fiable pour rectifier les erreurs de programmation quasi inévitables. Toutefois des claviers à écran pourraient jouer ce rôle mais dans un environnement de multiprogrammation beaucoup plus coûteux. La tendance la plus récente est d'utiliser de plus en plus ces claviers dans l'optique principale de décentraliser la saisie... sans pour autant en réduire toujours le coût.

---

(1) Un «poste de saisie» revient à plus de 8000 F par mois «tout compris». Le rendement journalier d'une dactylocodeuse n'atteint pas 50000 frappes et le nombre de jours «effectivement ouvrés» est inférieur à 20 par mois.

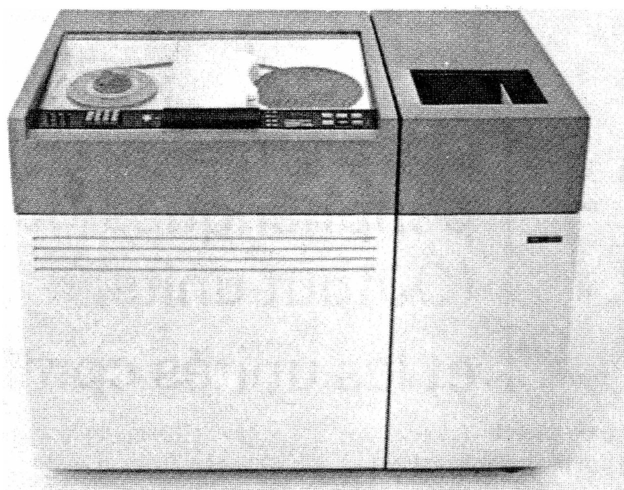


Figure 6.33 - Convertisseur minidisque en bandes magnétiques

7 Les éléments périphériques de sortie (Output units) et les unités combinées

L'extraction des résultats élaborés par le traitement des données dans le processeur et stockés provisoirement dans la mémoire centrale est une fonction essentielle de l'informatique. Pour longtemps encore ces résultats ne sauraient être interprétés et exploités par la machine; ils sont destinés à des utilisateurs humains qui ignorent le binaire et restent insensibles aux champs magnétiques des mémoires.

Toutefois, la tendance moderne est à l'informatique conversationnelle et de nombreuses unités combinées facilitent désormais ce dialogue homme-machine.

Enoncé 1

Tous les résultats à extraire ont-ils la même utilité et la même destination ?

Eléments de corrigé

Certainement pas; on peut en distinguer quatre catégories :

— les résultats *définitifs et durables* qui devront être fréquemment compulsés ou conservés à titre de preuve. Ils ne peuvent être qu'imprimés sur des documents directement lisibles par les destinataires humains (exemple : bulletin de paie, factures etc...);

— les résultats définitifs mais d'un intérêt immédiat et fugitif; la nécessité de leur impression est beaucoup moins évidente;

— les résultats provisoires qui devront être réintroduits tels quels ultérieurement dans l'ordinateur;

— les résultats provisoires qui nécessiteront un complètement humain avant leur réinsertion en machine.

A ces quatre besoins correspondent des éléments spécifiques différents :

— dispositifs *d'impression* classiques (imprimante, machine à écrire) et plus particuliers (tables traçantes);

— dispositifs *d'affichage* (écrans) ou de réponse audible;

— enregistreurs sur *supports illisibles* (bandes magnétiques surtout);

— enregistreurs sur *supports lisibles* (cartes perforées, chèques magnétiques, cartes de crédit, etc...).

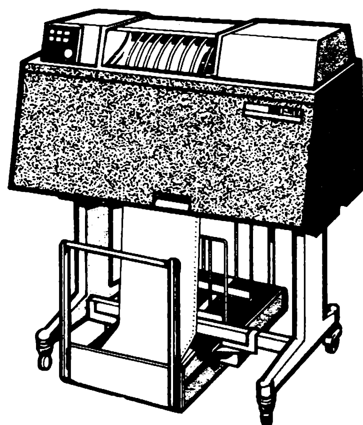


Figure 7.1 - Imprimante de lignes

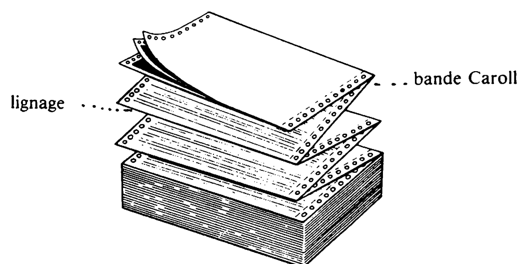


Figure 7.3 - Papier pour imprimante (en 3 exemplaires avec 2 carbones).

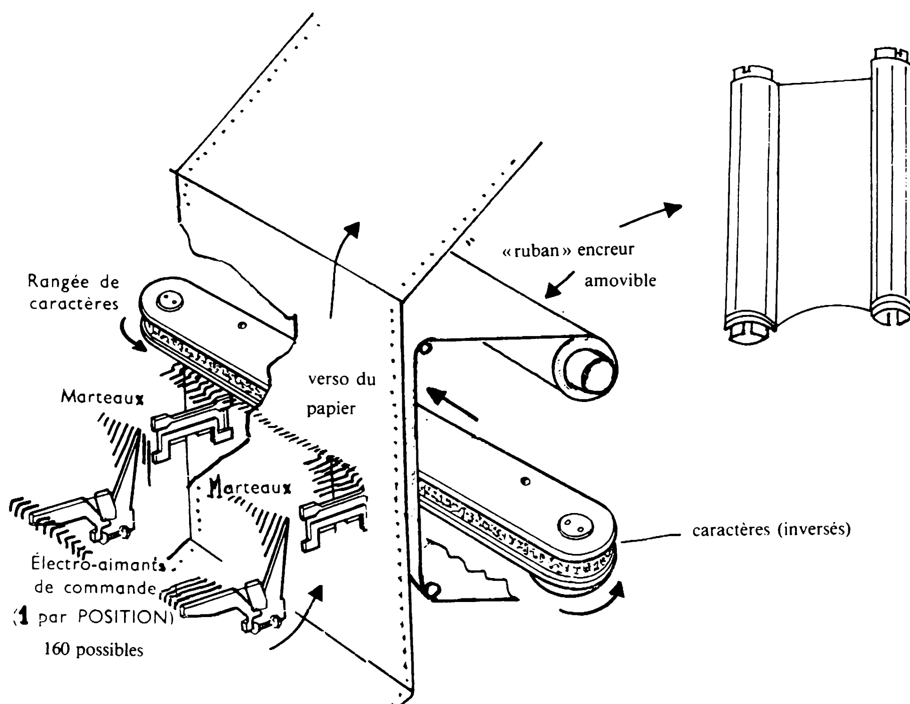


Figure 7.2 - Principe de l'impression « à la volée » (imprimante à chaîne)

Enoncé 2

Les matériels d'impression.

Eléments de corrigé

Quatre grands types de matériels d'impression peuvent être distingués :

— les imprimantes de lignes rapides car travaillant « en parallèle » comme les anciennes tabulatrices dites LINE-PRINTERS;
— les imprimantes sérielles fonctionnant séquentiellement comme une machine à écrire; et donc beaucoup plus lentes;
— les tables traçantes, véritables dessinatrices automatiques d'un emploi plutôt rare en gestion;
— les imprimantes « sans impact » beaucoup plus récentes et n'utilisant plus de procédés mécaniques pour la frappe des caractères.

Enoncé 3

Les imprimantes de lignes (Figure 7.1).

Eléments de corrigé

Découlant directement des anciennes tabulatrices du système à cartes perforées, elles en ont gardé la caractéristique principale consistant à disposer d'un *« marteau de frappe »* pour *chaque caractère* imprimable dans une ligne.

Tous les caractères s'impriment donc « simultanément » sans *aucun déplacement* latéral ni du papier ni du « dispositif de frappe » d'où les noms d'impression en parallèle et d'imprimante de lignes.

Une des caractéristiques principales de ce type d'imprimante est justement le nombre d'emplacements de caractères imprimables dans une ligne qui ne peut être dépassé en aucune façon. Il s'étage selon les modèles de 80 à 160 emplacements ou positions d'impression avec une majorité de cas à 132. L'intervalle entre chaque caractère est aujourd'hui normalisé à 1/10e de pouce (2 mm 54) encore que quelques espaces plus condensés soient récemment apparus : 1/12e ou 1/15e de pouce. Les interlignes sont au pas de 1/6e ou 1/8e de pouce (parfois 1/10e).

Le nombre de caractères différents pouvant être imprimés dans une position est plutôt limité : une soixantaine environ en moyenne, c'est-à-dire les dix chiffres, les 26 lettres *majuscules seulement* et une vingtaine de symboles divers. Le dispositif d'encrage est constitué par un rouleau de soie unicolore et très coûteux (Figure 7.2).

Il s'ensuit qu'au grand étonnement du profane, les documents informatiques sont d'une présentation très médiocre, aucune variété typographique n'y étant possible (même pas les minuscules) ni aucune impression en rouge si chère aux comptables bien que l'imprimante se loue souvent pour plus de 10000 F par mois.

C'est que l'on a tout sacrifié à la vitesse.

Les dispositifs porte-caractères sont très variés et influent directement sur la vitesse d'impression. On rencontre en effet :

— les imprimantes à roues ou à barre horizontale ne permettant que des vitesses de l'ordre de 200 lignes/minute;
— les imprimantes à tambour (ou cylindre) atteignant 800 ou 900 lignes;
— les imprimantes à chaînes (ou bandes flexibles) permettant d'atteindre théoriquement 3800 lignes à la minute.

Ce dernier système permet en outre une interchargeabilité des chaînes pour certains alphabets spéciaux ou pour augmenter le nombre de caractères imprimables (jusqu'à 128) au détriment de la vitesse.

Dans tous les cas, il s'agit toujours d'une « frappe à la volée », le marteau se déclenchant lorsque le caractère à imprimer passe devant lui.

Enoncé 4

Dispositifs complémentaires aux imprimantes de lignes.

Eléments de corrigé

En dehors d'un des appareils d'impression évoqué ci-dessus, on peut rencontrer plusieurs dispositifs plus ou moins systématiques.

1) Un dispositif de ***saut de papier*** *permettant d'effectuer rapidement des avancements de papier sans impression sur des distances supérieures à trois interlignes. Le procédé le plus répandu est celui dit «à bande pilote» qui matérialise par des* ***perforations*** *sur un ruban en boucle sans fin, les emplacements de départ ou d'arrêt des sauts. Le ruban se déroule en parfait synchronisme avec l'imprimé qu'il représente.*

2) Malgré les vitesses impressionnantes (à l'échelle humaine) obtenues, l'impression d'une ligne demande souvent plus de 50 millisecondes. Le transfert depuis la mémoire centrale de la centaine de caractères correspondant a demandé ***moins d'une*** *milliseconde. La plupart des imprimantes comporte donc une* ***mémoire-tampon*** *capable de stocker l'image de la ligne à imprimer pour ne pas ralentir l'unité centrale.*

3) Pour augmenter la fiabilité de l'impression, les mémoires rapides disposent souvent d'un système de ***contrôle par écho.*** *Le code binaire du caractère frappé est renvoyé vers la mémoire-tampon et comparé à celui de la position qui devait être imprimée.*

4) Certaines machines généralement lentes, peuvent être équipées d'un système dit de ***«chariot splitté».*** *Deux documents distincts peuvent être imprimés simultanément tout en avançant à des vitesses différentes grâce à un double système de saut de papier. Quelques autres peuvent être équipées d'un dispositif d'alimentation de documents discontinus comme des cartes perforées ordinaires, connu sous le nom de «bill-feed».*

5) Signalons enfin la possibilité d'utiliser des caractères spéciaux pour lecture optique ou magnétique, tels les caractères R.O.C. ou surtout C.M.C.7. Dans ce dernier cas, l'espacement horizontal n'est plus que d'1/8e de pouce mais la machine conserve généralement la possibilité d'imprimer également les caractères classiques (chiffres et lettre au minimum). Bien entendu, le ruban encreur doit être spécial et la vitesse souvent réduite pour obtenir une présentation parfaite.

Enoncé 5

Les papiers d'alimentation des imprimantes de lignes.

Eléments de corrigé

Les grandes vitesses obtenues sur les imprimantes imposent de nombreuses contraintes quant aux caractéristiques des papiers utilisables.

Ce serait une mauvaise plaisanterie d'imaginer l'alimentation de telles machines, manuellement, feuille à feuille. Le papier se présente donc toujours «en continu» plié «en accordéon» ou «en paravent» et muni de perforations latérales (dites perforations CAROLL) pour en assurer l'entraînement régulier le plus parfait possible. Souvent, également, un lignage en «teintes pastel» facilitera le repérage des lignes d'impression (Figure 7.3).

Malgré cela, les *listings* ainsi obtenus sont de présentation médiocre malgré un prix voisin de cinq centimes la feuille en un seul exemplaire.

L'utilisation de formulaires imprimés permet d'améliorer la présentation mais au prix d'une dépense supplémentaire considérable surtout en cas d'exemplaires multiples. Le façonnage des états par l'imprimeur avec insertion de feuilles de «carbone perdu» (ne servant qu'une fois) ou utilisation de procédés chimiques encore plus coûteux, conduit à des prix exorbitants : plus de cinquante centimes parfois pour une liasse de trois exemplaires (Figure 7.4).

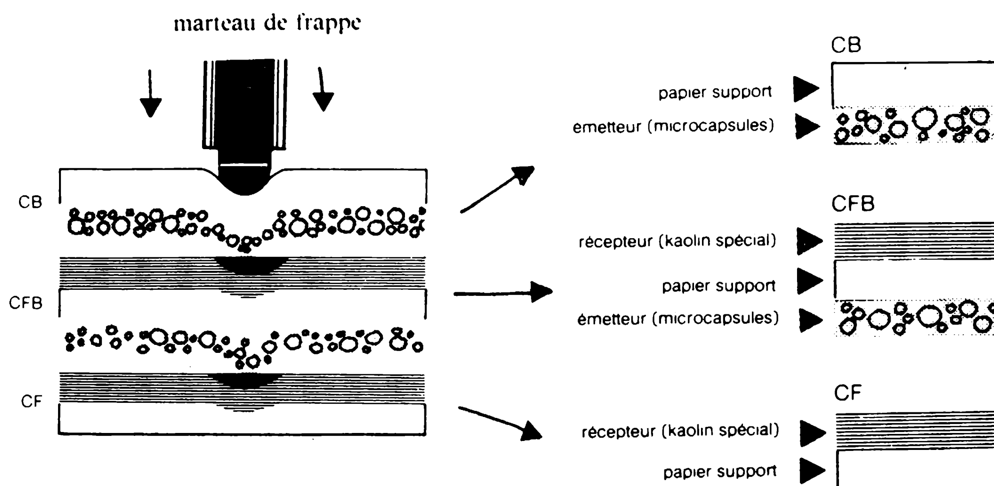


Figure 7.4 - Principe de l'impression multiple sans carbone (dite « chimique »)

Les possibilités d'impression « à l'italienne » ou en « Y » offertes par les imprimantes de lignes, devraient à cet égard être beaucoup plus souvent utilisées. Le procédé consiste à imprimer deux fois, côte à côte le même imprimé ce qui réduit d'autant le nombre de « carbones ». Il est totalement *gratuit en temps d'impression* et n'a comme inconvénient mineur que celui de compliquer la programmation.

Enoncé 6

Les imprimantes sérielles.

Eléments de corrigé

Les dispositifs d'impression en parallèle sont toujours très coûteux au point que le coût d'une imprimante de ligne est parfois supérieur à celui de l'unité centrale à laquelle elle est connectée.

Les constructeurs ont donc cherché à mettre au point des imprimantes moins ruineuses en s'inspirant du fonctionnement de miniordinateurs très économiques.

Les différents caractères d'une ligne sont imprimés *séquentiellement* par déplacement latéral du dispositif d'impression. Utilisant à l'origine une sphère ou cylindre porte-caractères, elles ne dépassaient guère cinquante caractères par seconde.

Deux progrès relativement récents ont permis de quadrupler cette cadence : près de 300 caractères/secondes ou plus de 100 lignes/minute.

*1°) Le remplacement des caractères gravés par des caractères « dessinés sous forme de points » est désormais utilisé par les imprimantes « à fils, à aiguilles ou à matrice (Figure 7.5). Un ensemble d'une soixantaine de points très rapprochés (de 7 × 8 à 9 × 9, voire 9 × 14 !) permet une représentation suffisamment fidèle de **tous** les caractères souhaitables avec une **variété de styles très supérieure** à celle des imprimantes à ligne (Figure 7.6) pouvant aller jusqu'à 512 caractères différents adaptables à tous les alphabets.*

A B C D E F G H
I J K L M N O P
Q R S T U V W X
Y Z 0 1 2 3 4 5
6 7 8 9 - : ; &
/ ◇ F * # % @ =
(+)

001	001	KLAMMER	F.	AUT	2:03.22
002	022	THOENI	G.	ITA	2:03.23
003	008	GRISSMANN		AUT	2:03.30
004	014	BERTHOD	R.	SUI	2:03.80
005	003	VESTI	W.	SUI	2:04.13
006	012	PLANK	H.	ITA	2:04.14
007	009	VEITH	M.	BRD	2:04.77
008	002	ROUX	PH.	SUI	2:05.02
009	019	PELLAT-F.		FRA	2:05.13
010	023	WINKLER	E.	AUT	2:05.46
011	018	FERSTL	J.	BRD	2:05.88
012	020	TRESCH	W.	SUI	2:05.91
013	033	F-OCHOA		SPA	2:05.97
014	026	MURRAY	D.	CAN	2:06.00
015	021	IRWIN	D.	CAN	2:06.15

Figure 7.5 - Caractères obtenus sur imprimantes serielles à fils ou aiguilles.
(très agrandis à gauche, à l'échelle à droite).

/0123456789:;(=)?§ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ°çé^_ùabcdef

?§ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ°çé^_ùabcdefghijklmnopqrstuvwxyzàòèì !"£$%&'()*+,-./0123456789:;(=)?§ABCDEFGHIJKLM

) *+, ./0123456789:;(=)?§ABCDEFGHI.

23456789:;(=)?§ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ°çé^_ùabcdefghijklmnopqrst

Figure 7.6 - Exemples de variétés typographiques
obtenues sur imprimantes à aiguilles (en vraie grandeur)

GRACE A SON REPERTOIRE DE SEGMENTS, CETTE
MACHINE PEUT IMPRIMER DES CARACTERES GEANTS
DE 10, 15 OU 20 MM. DE HAUTEUR, PERMETTANT
LA LECTURE A DES DISTANCES DE 3 A 10 METRES.

BON DE RECEPTION

DESIGNATION
BUT TBLT MBL A

GRAPH
804

FOURNISSEUR
2000

N. ARRIVAGE
123456

QUANT. BL
0001720

NB EMB
0015

QUANT/EMB
00112

DATE
30/09/81

MAGASIN PRINCIPAL
S20

MAGASIN SECONDAIRE
A18

REFER.
7700553751

Figure 7.7 - Caractères GÉANTS et inversés (Blancs sur Noirs) obtenus sur imprimante sérielle

*2°) La matrice[1] d'aiguilles imprime **dans les deux sens** vers la droite ou la gauche, supprimant ainsi tout retour en tête de ligne. Bien entendu, une mémoire-tampon pour stocker l'image de la ligne est plus que jamais indispensable de même qu'un **micro-processeur** pour optimiser les déplacements et éviter d'aller systématiquement en bout de ligne. Il est de même parfois possible d'avoir deux ou trois têtes d'impression.*

*Quelques machines sont spécialisées dans l'édition de caractères géants utilisés sur des étiquettes notamment et réalisés par la juxtaposition de petits triangles (Figure 7.7.). Elles sont souvent désignées sous le nom **d'éditrices**.*

*D'autres sont munies d'un **introducteur frontal** (FRONT-FEED) permettant d'insérer devant le système d'impression un document rigide ou d'une certaine épaisseur comme un livret de caisse d'épargne.*

L'impression BICOLORE et des possibilités graphiques sont de plus en plus fréquentes.

(1) Généralement pour raison d'économie, il n'y a qu'une colonne de 8 ou 9 aiguilles et chaque caractère nécessite 7 ou 8 frappes successives.

Enoncé 7

Les imprimantes sans impact (ou NON-impact)

Eléments de corrigé

Toutes les imprimantes précédentes utilisent le principe centenaire de la pression mécanique d'un ruban encreur sur le papier selon un profil continu ou pointillé.

Il existe aujourd'hui d'autres méthodes d'impression ayant toutes en commun *d'éviter cette frappe mécanique* et ses conséquences (lenteur due à l'inertie des pièces en mouvement, bruit intense et prix élevé). Ce sont les imprimantes « NON-impact ». Une demi-douzaine de procédés divers, chimiques, magnétiques, électrostatiques ou xérographiques se partagent le marché.

Il n'est pas question de les étudier en détail, leur technique récente étant encore en pleine évolution. Elles forment deux grands groupes selon qu'elles utilisent un papier spécial (chimique, électrostatique ou thermosensible) ou du papier ordinaire.

*Dans tous les cas, les caractères sont **« dessinés »** par un ensemble de points chauffants, chargés électriquement, ou projetés par jet d'encre. Toutefois, ces points sont parfois si rapprochés (près de 10 au millimètre ou 10000 au centimètre carré) que le profil obtenu est parfaitement continu, même examiné à la loupe.*

De plus, la variété des caractères dessinables est presque infinie et certaines de ces machines peuvent imprimer aussi bien les *cadres, titres et colonnes* d'un état couramment appelé « Fonds de Page » en même temps que leur contenu, avec des styles de caractères différents et mélangeables avec trois épaisseurs de trait possibles. Quand on connaît le prix des formulaires imprimés, l'intérêt de ces réalisations est évident (voir Figure 7.8).

Paradoxalement, le principal inconvénient de ces imprimantes est l'impossibilité d'obtenir des documents en plusieurs exemplaires superposés puisque toute frappe a disparu. Le palliatif consiste à éditer les divers exemplaires « côte à côte » et la plupart des « imprimantes de ligne sans impact » présentent pour ce faire une grande largeur d'impression et une haute densité de caractères : jusqu'à 260 positions et de 15 à 30 caractères au pouce. On peut aussi les imprimer à la suite mais avec une réduction de vitesse évidente.

Les vitesses sont très étagées selon le nombre d'éléments imprimants (impression en série ou en parallèle) et vont de 30 caractères à la seconde jusqu'à 45000 lignes à la minute.

Les prix sont encore plus ventilés et pas toujours très significatifs en raison de l'incidence du coût du papier spécial ou non.

Ceux des matériels les plus économiques, équipant les calculatrices de bureau par exemple, n'atteignant pas 1000 F à l'achat, mais le papier spécial est deux ou trois fois plus coûteux que le papier ordinaire. Cette nuance devient fondamentale pour les imprimantes de ligne moyennes (vers 1000 lignes/minute) qui sont moins coûteuses que leurs concurrentes à impact mais nécessitent un papier spécial.

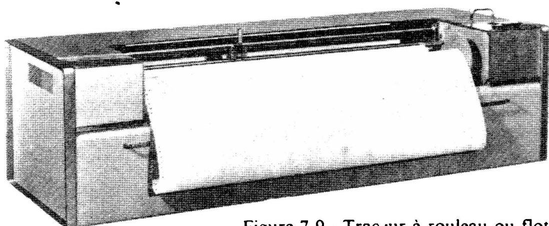


Figure 7.9 - Traceur à rouleau ou flotter

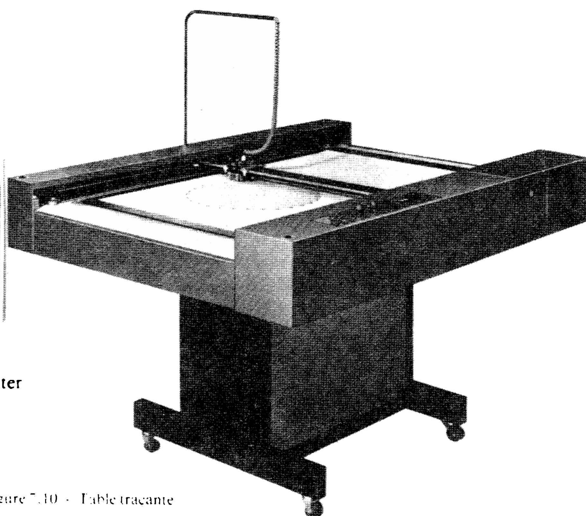


Figure 7.10 - Table traçante

(1) G DANS LA COLONNE SI L'ARTICLE EST FACTURE A TITRE GRATUIT.

(2) POUR LES CORPS DE TROUPE SEULEMENT.

(3) A NE PORTER QUE SUR LA DERNIERE PAGE DE LA FACTURE.

FACTURE ENTREE	DONT LE MONTANT EST :		MODELE 3 /C
	REFERENCES DE LA FACTURE	REFERENCES DE L'O.M.	CODE ETABLt
PAGE : 2	No 871 DU 18 02 81	No 1.672 DU 18 02 81	115A

ETABLISSEMENT DU SERVICE	C.C.P. DE L'ETABLISSEMENT
I ISSY-LES-MX	

DESIGNATION DE L'ORGANISME BENEFICIAIRE	No CLIENT	No ADMINIST.	No DEMANDE
RIE VINCENNES	3719	3719-00	4

REFERENCES DE L'ARTICLE/POINTURE	U R	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	DECOMPTE	(1)
REPORT				85.19900	
N. N. O. : 7105 14 210 8387					
3325 CHAISE ARMAT. BOIS SIEGE GARNI TISSU	N	2200	9850		
TOTAL ARTICLE :		2200		2.16700	
TOTAL ARTICLE(S) DU N.N.O.:		2200		2.16700	
N. N. O. : 7105 14 216 7038					
3328 TABOURET COFFRE HETRE 45X31X31	N	2000	10000		
TOTAL ARTICLE :		2000		2.00000	
TOTAL ARTICLE(S) DU N.N.O.:		2000		2.00000	
N. N. O. : 7105 14 216 7043					
0602 LIT CAMP PLIANT M57 *COMPLET	N	8700	19200		
TOTAL ARTICLE :		8700		16.70400	
TOTAL ARTICLE(S) DU N.N.O.:		8700		16.70400	

CET EXEMPLAIRE EST CONSERVE EN ATTENTE PAR L'ETABLISSEMENT (BUREAU C.M.). JUSQU'AU RETOUR DE L'EXEMPLAIRE 3/A OU 5/A VISE PAR L'ORGANISME BENEFICIAIRE. IL EST ENSUITE ADRESSE A CHE-	REPORT POUR PAGE SUIVANTE :	106.07000
		CHEF D'ETABLISSEMENT (3) (SIGNATURE)

Figure 7.8 - DOCUMENT OBTENU directement sur Imprimante SANS IMPACT (y compris les cadres et TITRES...)

Les imprimantes très rapides (20000 lignes à la minute et plus) valent plus d'un million à l'achat et supportent une redevance d'entretien mensuelle proportionnelle au nombre de pages éditées (de 1 à 8 centimes par page). La vitesse est d'ailleurs exprimée en nombre de pages (au format A4) à la minute car la taille des caractères et, partant, le nombre de lignes sont extrêmement variés (voir ci-dessous).

Six imprimantes ultra rapides sont actuellement commercialisées :

— Imp. P.P.S. (Processeur de Pages Satellite) d'Honeywell-Bull 90 ou 210 P/m
— Imp. Siemens 2500 et 2300 146 P/m
— Imp. BURROUGHS 9270-35 120 P/m
— Imp. 3800 d'IBM 143 P/m
— Imp. Xeros 9700 120 P/m
— Imp. 2680 A d'Hewlett Packard 45 P/m.

La plupart de ces matériels dessinent les « profils électrostatiques » des caractères au moyen d'un rayon laser.

Un modèle tout récent de CIIHB, la MP 6000, utilise un procédé magnétographique et atteint 88 pages à la minute.

Enoncé 8

Les tables traçantes.

Eléments de corrigé

Peu utilisés en gestion, les tables traçantes encore appelées PLOTTERS permettent de réaliser de véritables dessins de plans ou autres graphiques ou épures.

Le principe en est relativement simple. Un dispositif porte-plume-réservoir (éventuellement multiple avec des encres de couleurs différentes) coulisse latéralement sur une tringle sous les commandes du programme se déroulant en mémoire centrale.

Deux variantes sont possibles pour les déplacements verticaux :

— *le papier présenté en rouleau défile plus ou moins rapidement dans les deux directions vers le haut ou vers le bas (Figure 7.9);*
— *la tringle horizontale coulisse verticlement sur deux guides verticaux placés à ses extrémités. La feuille de papier est alors plaquée sur une véritable table à dessin (Figure 7.10).*

La finesse de dessin obtenue est extraordinaire grâce à des « pas de déplacement » inférieurs au millimètre. C'est évidemment la programmation de ces déplacements qui représente le plus remarquable exploit.

Enoncé 9

L'affichage des résultats : les écrans.

Eléments de corrigé

Chaque fois que la trace écrite d'un résultat n'est pas à conserver, l'emploi d'un procédé d'affichage est non seulement plus rapide mais encore souvent plus économique.

Il existe des procédés d'affichage limités rendant luminescents les profils des chiffres à diffuser utilisant des tubes NIXIES et surtout des L.E.D. (Lights Emitting Diodes) rencontrés sur les machines à calculer mais insuffisants en sortie d'ordinateur.

On utilise surtout des écrans cathodiques (analogues à ceux de télévision) encore appelés consoles de visualisation ou tout simplement VISUELS.

Par un système de points rendus lumineux, ils peuvent afficher des textes, des graphiques ou de véritables dessins. En informatique de gestion, c'est le premier type d'utilisation qui est dominant. C'est pourquoi

l'on évalue généralement les caractéristiques d'un écran en nombre de caractères affichables.

La capacité la plus fréquemment rencontrée est de 1920 caractères soit 24 lignes de 80 positions. Du fait même de leur composition (matrice de points) les caractères disponibles sont plus nombreux que sur les imprimantes, notamment des cadres peuvent être dessinés.

La vitesse d'affichage est maximale, quasi instantanée mais se fait obligatoirement à partir d'une mémoire-tampon toujours assez volumineuse (toute la capacité de l'écran).

Des dispositifs complémentaires très intéressants comme le scintillement ou «l'inversion» (1) d'un caractère, le déplacement d'un marqueur ou l'utilisation d'un photostyle facilite l'utilisation conversationnelle de l'écran (voir énoncé 15).

Les prix de location sont très abordables, de l'ordre de mille francs par mois, souvent inférieurs à ceux d'une imprimante, même sérielle.

Enoncé 10

Les répondeurs téléphoniques.

Eléments de corrigé

Dans beaucoup d'applications, il est possible de se contenter d'une information audible ou orale notamment en cas de télétraitement en utilisant le téléphone habituel.

Des réalisations sont commercialisées depuis une dizaine d'années mais n'ont pas connu de développements très importants sans doute à cause de la concurrence des visuels.

Il faut distinguer deux types de réalisations très différentes l'une de l'autre à tous points de vue.

*Les **répondeurs analogiques** «se contentent» de reproduire des éléments de messages préenregistrés phonétiquement sur bande ou disque de magnétophone. C'est uniquement une question d'adressage : faire correspondre au «contenu à prononcer» d'une mémoire les adresses de stockage des mots (ou phonèmes) permettant de retrouver les sons à émettre. On dispose ainsi de quelques centaines de **mots préenregistrés** suffisants pour prononcer tous les nombres et quelques termes spécifiques d'une application au choix de l'utilisateur. Ce sont ces appareils qui sont en service depuis dix ans.*

*Plus révolutionnaires voires futuristes, sont les **synthétiseurs de parole** qui commencent à sortir du domaine du laboratoire. Il s'agit de faire vibrer des cordes métalliques pour leur faire reconstituer artificiellement les sons de la voix humaine à partir des codes binaires représentant n'importe quelles informations à émettre. Malgré un prix de revient très élevé, les réalisations sont encore partielles, notamment chaque fois que la sémantique du message a une influence sur sa prononciation.*

Bien entendu, il n'est pas question d'utiliser le micro pour interroger l'ordinateur. Il faut utiliser un code par l'intermédiaire du cadran ou d'un clavier bien que les techniques de reconnaissance de la parole aient fait de remarquables progrès tout récemment (reconnaissance de quelques dizaines de mots prononcés par la même personne).

Enoncé 11

L'extraction de résultats provisoires.

Eléments de corrigé

Il arrive fréquemment qu'à la suite d'un traitement avec ou sans édition de résultats définitifs, des résultats partiels soient à réintroduire ultérieurement dans l'ordinateur. Il ne peut être question de les conserver en mémoire centrale ni même en mémoires auxiliaires adressables (disques magnétiques) notamment lorsque leur utilisation est lointaine (par exemple payes de quinzaine à reprendre en fin de trimestre).

(1) Le caractère apparaît en noir dans un rectangle blanc.

On doit alors utiliser des *supports d'information* analogues à ceux employés en entrée en tenant compte précisément des moyens de relecture disponibles. On trouve essentiellement :
- des enregistreurs ou dérouleurs de bandes magnétiques (voir chapitre 8) ;
- des perforateurs de cartes de fonctionnement plus lent que les lecteurs de 50 à 500 cartes/minute et assez coûteux, près de 3000 francs par mois ;
- des perforateurs de rubans plus économiques et presque aussi rapides (300 caractères à la seconde au maximum), notamment si les résultats partiels doivent être réutilisés sur un miniordinateur.

Enoncé 12

L'extraction de résultats à compléter manuellement.

Eléments de corrigé

Ce problème est beaucoup plus fréquent qu'on ne l'imagine. Notamment, chaque fois que, pour *améliorer les conditions de collecte* des informations, il est souhaitable de préparer un « document de saisie » particulier. Les chèques magnétiques en sont un bon exemple puisque préparés à l'ordinateur à partir du fichier des clients de la banque. Mais pour eux, nous avons vu qu'il suffit de posséder une imprimante à caractères spéciaux CMC7.

Si une saisie est faite *directement* sur cartes perforées au moyen d'un système de marquage, de perfostyle ou d'extraction, il est nécessaire de préparer ces cartes en y perforant le maximum d'informations prévisibles pour limiter les interventions du rédacteur et augmenter la fiabilité du système. Par exemple, dans un système de prise de commande sur cartes à marquer, on s'efforcera de fournir aux clients qui feront le marquage, des cartes à leur nom *préperforées de leur numéro de client*. Il faut alors disposer d'un *perforateur-traducteur* éventuellement capable d'imprimer en plusieurs lignes sur les cartes, des informations en *provenance de la mémoire centrale* et qui pourraient même n'être pas à perforer (Figure 7.11.). Ce matériel est encore plus coûteux que le perforateur classique et surtout beaucoup plus lent, l'impression ne pouvant se faire qu'en série, à la vitesse maximale de 140 caractères par seconde ; soit 100 cartes à la minute en cas d'impression complète (très rare).

Un autre élément de sortie très particulier permet aujourd'hui de créer directement des *badges plastiques* à caractères en relief (dits embossés) et respectant une police lisible par lecteur optique. Ce matériel était devenu indispensable avec la généralisation de l'emploi des cartes de crédit. On pourrait l'appeler « estampeuse automatique » connectable.

Enoncé 13

Les éléments combinés d'entrée-sortie.

Eléments de corrigé

Le regroupement dans un même bâti, avec ou sans utilisation d'un support commun, d'une unité d'entrée et d'une unité de sortie se rencontre fréquemment mais dans des cas généralement bien délimités. On peut citer :
- Les lecteurs-perforateurs de cartes, lorsque l'ordinateur ne dispose pas de bandes magnétiques ;
- Les lecteurs enregistreurs de fiches de compte à piste magnétique déjà étudiés dans le tome 1 à l'occasion de l'évolution des machines comptables ;
- Les claviers associés à une machine à écrire souvent avec lecteur et perforateur de ruban ;
- Les claviers associés à un écran de visualisation.

Ces deux derniers types se rencontrent surtout en traitement à distance ou transactionnel (dit en temps réel) et alors appelés « terminaux », « consoles » ou « postes d'interrogation ».

Enoncé 14

Les Lecteurs-Perforateurs à Fonctions Multiples (L.P.F.M.)

Eléments de corrigé

Le regroupement sous un même carter d'un lecteur et d'un perforateur de cartes peut se concevoir de deux façons très différentes quant aux possibilités de traitement en résultant.

Il peut ne s'agir que de la cœxistence des deux appareils sans aucune partie commune sinon généralement, une des trois cases de réception. Il est alors ***impossible de perforer*** *dans les cartes lues ni*

Figure 7.11 - Carte perforée et traduite sur plusieurs lignes.

Figure 7.12 - Schéma de principe du L.P.F.M. (très perfectionné).

de lire les cartes à perforer généralement vierges et l'intérêt d'un tel matériel est très limité (légèrement moins coûteux que les deux unités séparées).

Par contre, s'il s'agit d'un L.P.F.M. véritable, tous les organes de la machine sont accessibles à partir des deux magasins d'alimentation et n'importe quelle carte peut être lue, perforée ou traduite et aiguillée dans n'importe laquelle des cinq cases de réception du matériel. On peut alors ***simuler*** *sur ce matériel unique le fonctionnement de n'importe laquelle des machines du système à cartes perforées (reproductrice, traductrice, interclasseuse et même trieuse) d'où son nom : à Fonctions Multiples (Figure 7.12).*

Très utilisé sur les ordinateurs «bas de gamme» des séries 360 et 3 d'IBM, son emploi tend à décroître avec la baisse du coût du stockage sur disques car il reste un matériel très coûteux : près de 5000 F par mois.

Il reste fondamental pour toutes les applications basées sur une ***saisie directe*** *des informations sur cartes perforées (marquage, perfostyle, pulling) nécessitant une préparation et un classement préalable des cartes.*

Enoncé 15

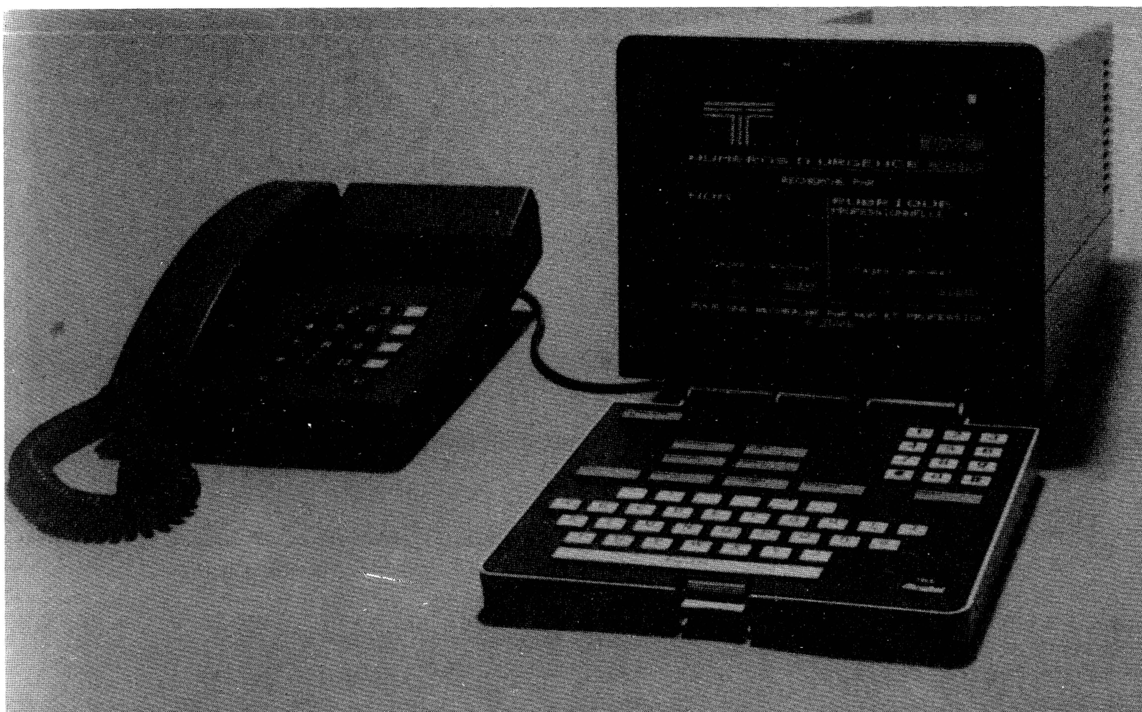
Les postes d'interrogation ou VISUELS (ou consoles)

Eléments de corrigé

L'ajout d'un clavier à une imprimante sérielle nous fait redécouvrir la machine à écrire. Toutefois, la liaison clavier-impression n'est plus directe et se fait obligatoirement par l'intermédiaire de mémoires-tampons locales et par celle de l'ordinateur.

La machine à écrire va servir dans un double but :
— d'abord visualiser la frappe de l'opérateur à partir de la mémoire-tampon avant envoi vers l'ordinateur;
— ensuite imprimer les résultats du traitement au retour.

Son temps de fonctionnement n'est pas négligeable et son coût de revient plus élevé que celui du visuel qui lui est donc préféré chaque fois qu'une trace écrite de la transaction ne doit pas être conservée localement.



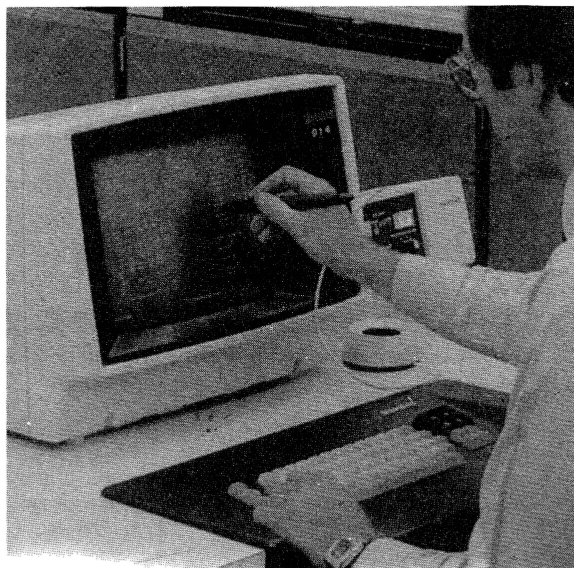


Figure 7.13 - Les VISUELS (Ecran + clavier)
«Grand Public» (page précédente) - Perfectionné avec «light pen» ou photostyle ci-dessus.

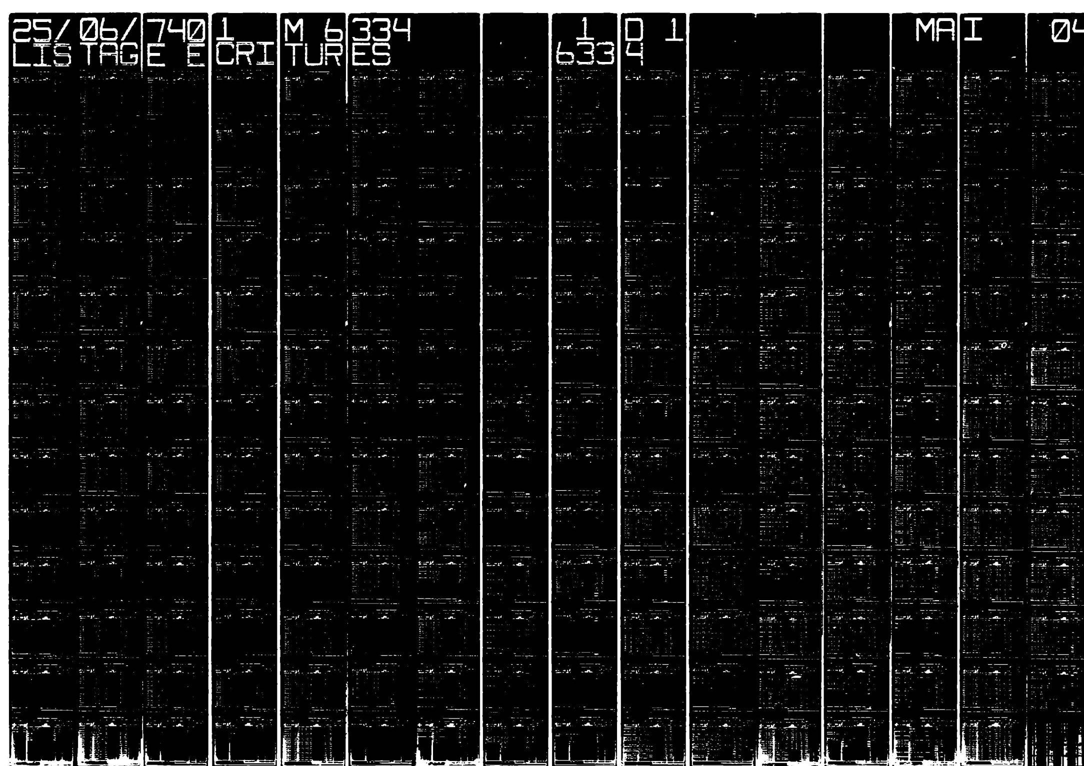


Figure 7.14 - MICROFICHE à l'échelle correspondant à 208 pages de «listings» !

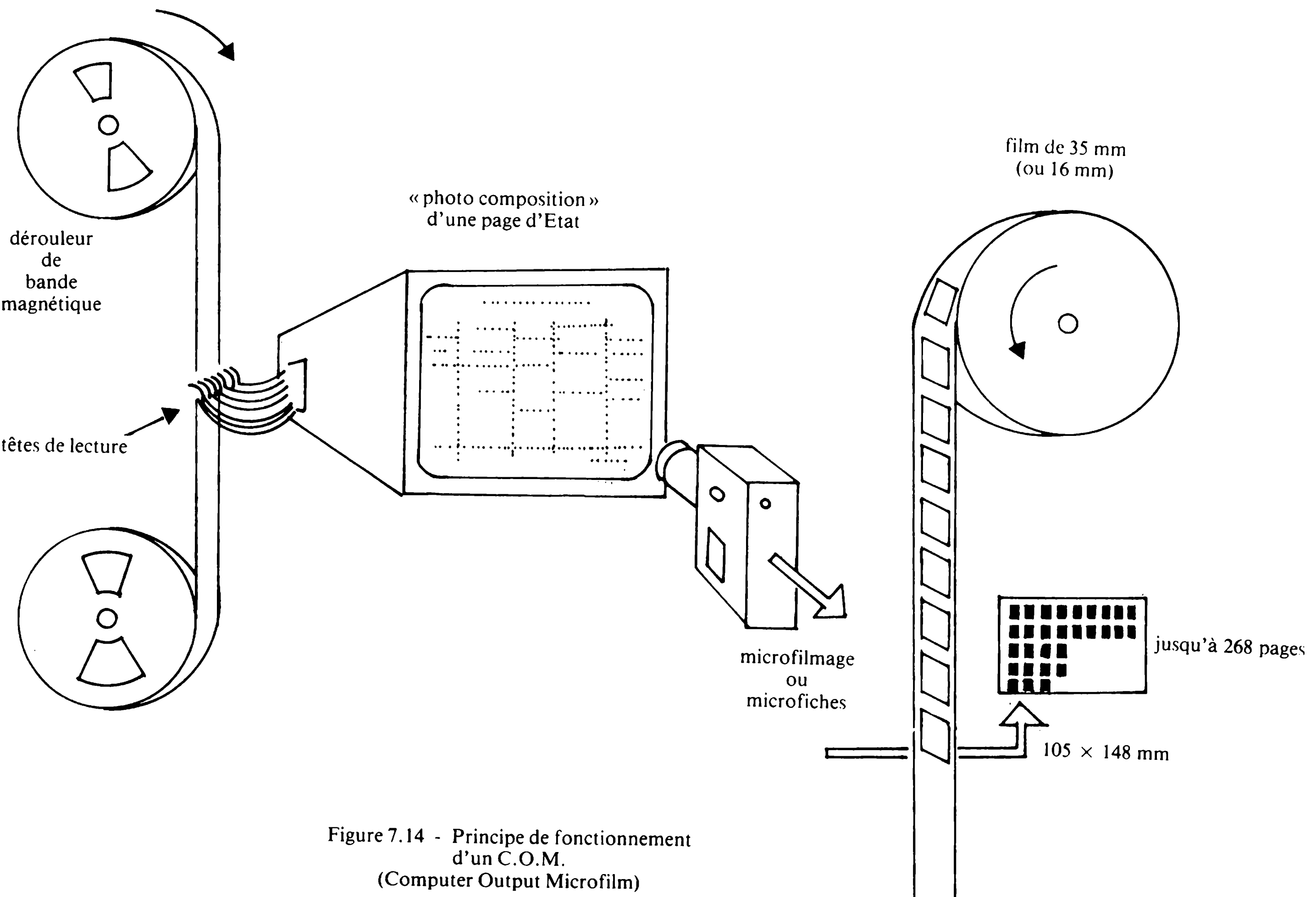


Figure 7.14 - Principe de fonctionnement
d'un C.O.M.
(Computer Output Microfilm)

En effet, la frappe s'affiche immédiatement et les informations en retour de l'ordinateur peuvent être volumineuses, toute une page de 1920 ou 3168 caractères (24 lignes de 80 ou 132 avec une 25e ligne optionnelle), sans aucune attente de temps d'impression.

Le visuel est souvent complété d'un sytème dit de photostyle ou light-pen (plume de lumière) permettant de pointer sur l'écran un caractère ou un marqueur et d'en transmettre ainsi automatiquement les *coordonnées* au programme dans l'unité centrale. Un complément d'information peut alors être fourni au clavier relatif à la zone repérée (Figure 7.13).

Le procédé paraîtrait par trop miraculeux si l'on ne rappelait le principe de fonctionnement de tout écran de télévision. L'image qui nous paraît « fixe » grâce à la persistance rétinienne est en fait reconstituée plus de cinquante fois par seconde par le balayage intégral de tous les points de l'écran par le spot interne du tube cathodique. Le photostyle comporte une cellule photoélectrique « focalisée par une lentille » qui reçoit le spot en question à un moment suffisamment précis pour en repérer les coordonnées.

On imagine fort bien l'intérêt d'un tel système dans les bureaux d'études pour « lisser des courbes » ou simuler les essais les plus divers. Mais il est très prometteur pour des problèmes de gestion également. Un exemple de prises de commande nous en persuadera.

Imaginons des commandes reçues par courrier ou autrement mais ne possédant pas la référence-article ou code-article indispensable à la gestion des stocks et à la recherche des prix unitaires par l'ordinateur. Nous devrons procéder à son codage (ou chiffrement ou codification). Si nous vendons 50000 articles, ce travail de recherche dans une « nomenclature-bottin » de plusieurs centaines de pages sera des plus longs, fastidieux et risqué. Avec un visuel connecté à un ordinateur puissant, il peut être considérablement allégé. Supposons que le client désirait deux séries de casseroles d'un certain modèle. L'opératrice tapera au clavier un extrait du libellé de l'article désiré, appelé « match-code » et généralement composé des trois premières consonnes du mot (sauf les redoublées) soit : CSR. A cette réception, le programme recherchera et affichera sur l'écran les libellés complets de **tous les articles** ayant ce **même match-code.** Parmi ceux-ci, se trouvera la série de casseroles désirée. L'opératrice **pointera son photostyle** sur le marqueur de la ligne correspondante et frappera la quantité au clavier : deux. La commande est prise et le programme aura enregistré le **code de l'article** pointé qui n'a pas à apparaître sur l'écran. « Accessoirement » l'état du stock serait aussi affiché, notamment en cas d'épuisement.

Notons également une utilisation plus modeste des écrans sur les matériels de **dactylocodage** créant des bandes magnétiques ou même **directement reliés** à l'ordinateur, dans le seul but de **visualiser la frappe** ou fournir des indications de format à l'opératrice.

En outre, la majorité de ces VISUELS sont conçus pour être insérés dans un réseau de téléinformatique et portent alors le nom de TERMINAUX LÉGERS.

Les claviers peuvent être plus ou moins sophistiqués avec répétition des touches numériques (comme pour les perforatrices) standard anglo-saxon (QWE) ou français (AZERTY) voire grand public (ABCD...). Certains peuvent même être spécialisés pour un langage de programmation (BASIC ou APL) augmentant ainsi considérablement la vitesse et la fiabilité de la frappe des programmes.

En plus du clavier l'écran peut être muni de « manches à balai » déplaçant des spots sur l'écran dont l'usage s'est surtout concentré sur les jeux électroniques (joysticks).

Enoncé 16

Liaison directe ou off-line des unités de sortie.

Eléments de corrigé

Comme pour les éléments d'entrée, le fonctionnement de certains périphériques de sortie peut s'effectuer off-line en utilisant des convertisseurs particuliers.

Le procédé est particulièrement intéressant pour les sorties sur imprimantes. En effet, sauf peut-être sur les imprimantes sans impact, la rapidité d'impression est toute relative et ce périphérique est considéré comme le *principal frein* au rendement de l'ordinateur. Rappelons que pendant le temps d'impression d'une ligne, même d'un seul coup en parallèle, l'unité centrale peut dérouler des milliers d'instructions.

L'idée de dissocier calculs et impression est donc séduisante pour atteindre un meilleur emploi de l'unité centrale. Les résultats sont alors écrits sur bande magnétique à grande vitesse presque sans freinage de

l'U.C. Une imprimante dotée d'un lecteur de bande effectue l'impression en différé éventuellement en heures supplémentaires ou en travail posté (2 ou 3 équipes). Une autre variante, le « spool », sera étudiée au chapitre 9.

Mieux même, un des exemplaires des états ne servant généralement que d'archives, il est possible de le remplacer par un microfilm ou des microfiches obtenues directement à partir de la bande sur un matériel spécialisé appelé C.O.M.

Ce C.O.M. (Computer Output Microfilm) affiche en clair sur un écran le contenu de la bande qui est ensuite microfilmé à grande vitesse par une caméra (Figure 7.14).

Le procédé se développe rapidement et une demi-douzaine de constructeurs proposent des matériels très efficaces pour des prix encore élevés : plusieurs centaines de milliers de francs (vente seulement).

Il connaît même déjà une variante prometteuse qui intègre à la fois microfilm et imprimantes à laser très rapide (20000 lignes à la minute) à partir de la même bande magnétique.

Enoncé 17

Les coupleurs accoustiques

Eléments de corrigé

Il est également possible d'accoupler un miniclavier (genre calculette de poche) à un combiné téléphonique ordinaire... Les chiffres frappés sont transformés en codes sonores qui sont aisément transmis par le micro et la ligne téléphonique. La transformation inverse a lieu à l'arrivée (les « bips » deviennent des « bits ») avec une fiabilité acceptable : 75 % de messages corrects dès la première transmission. Les erreurs sont évidemment signalées et doivent être frappées à nouveau.

Le procédé est remarquablement économique et pratique puisqu'il peut être utilisé, à *l'émission,* sur *n'importe quel* combiné téléphonique ordinaire.

Le coupleur peut être muni d'une petite imprimante thermique voire d'un lecteur de cartes perfostyles ou de tickets préperforés provenant d'un pulling manuel (Figure 7.16).

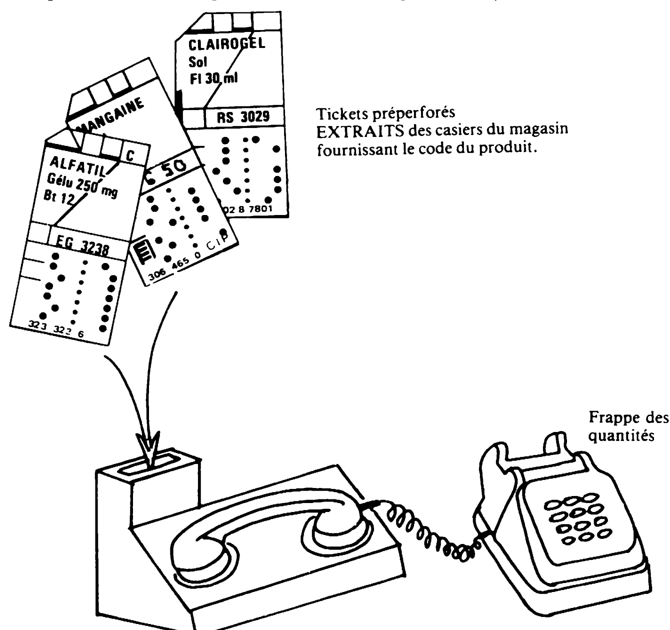


Figure 7.16 — COUPLEUR ACOUSTIQUE (Tickets Fahrenberger).

8 Les mémoires auxiliaires

Parmi les éléments périphériques de l'ordinateur, il convient de faire une place particulière aux mémoires auxiliaires ou externes. D'abord parce qu'elles ne sont pas strictement indispensables, contrairement aux entrées-sorties qui permettent le dialogue homme-machine. Ensuite parce que leur raison d'être est beaucoup plus économique que technologique.

Enoncé 1

Pourquoi la plupart des ordinateurs comportent-ils des mémoires auxiliaires ?

Eléments de corrigé

Pour une raison essentiellement économique.

En effet, on avance souvent comme principal argument la faible capacité de la mémoire centrale. Cette raison n'est valable qu'au second degré. Les progrès de la miniaturisation des mémoires monolithiques permettraient de disposer d'un million d'octets dans un châssis (ou rack) de la taille d'un « attaché-case » ou d'une centaine de millions dans le volume d'une « armoire normande ».

Malheureusement, malgré d'incessants progrès, les coûts d'une mémoire centrale restent élevés, à peine inférieurs à ceux des anciens tores de ferrite et voisins d'un demi-franc l'octet. L'armoire ci-dessus risquerait de coûter cinq milliards de centimes; sur mémoire auxiliaire, nous n'atteindrons que le millième de ce chiffre, à capacité égale.

Nous avons déjà découvert les raisons de cette différence, lors de l'étude des principes physiques appliqués à l'informatique au chapitre 3.

Les mémoires auxiliaires utilisent toutes l'enregistrement magnétique en surface; la lecture se faisant par des têtes peu nombreuses. La haute densité d'enregistrement obtenue permet de réaliser des mémoires très capacitaires à très bas prix. Par contre, l'obligation de faire *défiler* la surface magnétique sous les têtes de lecture, réintroduit les servitudes de la force d'inertie mécanique et limite les vitesses de transfert en allongeant les temps d'accès toujours évalués en MILLIsecondes.

On peut donc dire que, si les mémoires auxiliaires (encore appelées cinématiques) sont mille fois moins coûteuses que la mémoire centrale, elles sont aussi *mille fois moins rapides.*

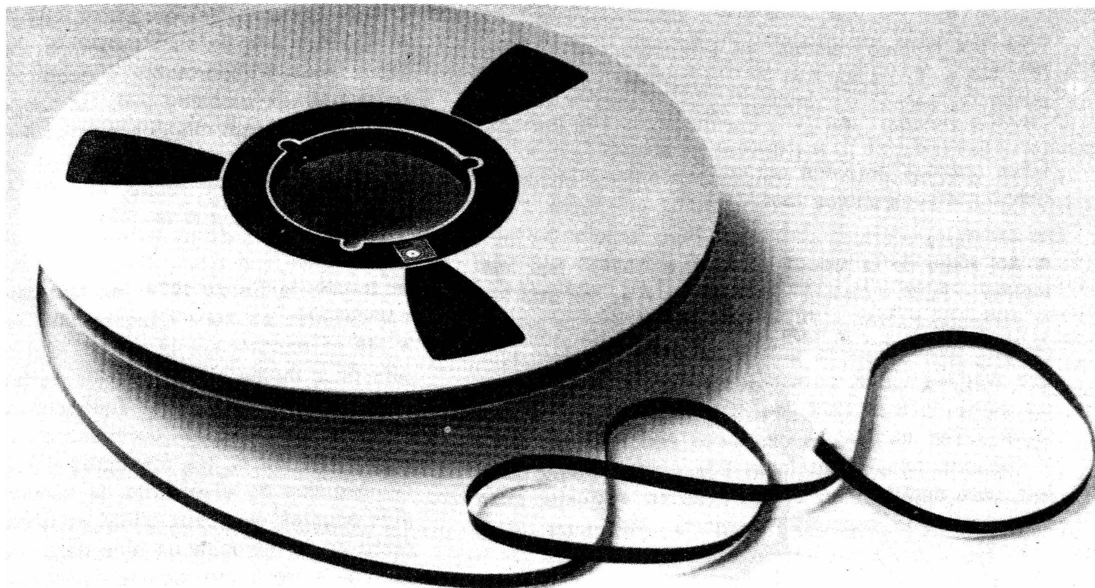
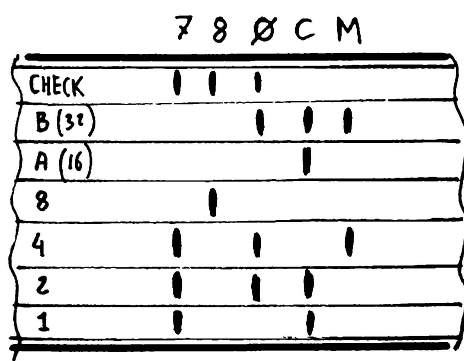
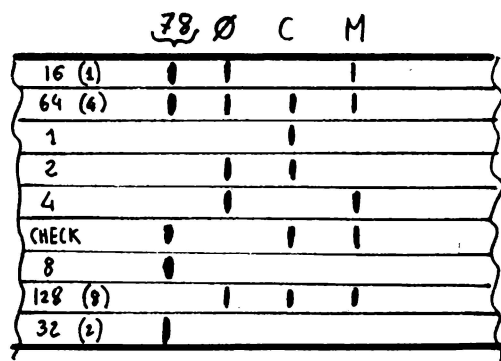


Figure 8.1 - Bande magnétique



A 7 pistes (contrôle de parité)



A 9 pistes (imparité)

Figure 8.2 - Les pistes d'enregistrement sur bande d'un 1/2 pouce

Enoncé 2

Les deux familles de mémoires auxiliaires d'après leur mode d'accès

Eléments de corrigé

Le mode d'accès aux informations stockées dans une mémoire externe est tout à fait déterminant quant aux possibilités d'emploi des fichiers qu'elle contient. Deux modes d'accès sont concevables : l'accès séquentiel ou l'accès sélectif (ou aléatoire ou direct).

L'accès séquentiel caractérise une mémoire dont *tous* les enregistrements ne sont lisibles qu'un par un, à la suite, dans l'ordre où ils se trouvent enregistrés.

L'accès sélectif permet au contraire de sélecter une information en repérant l'*adresse* où elle est rangée en ignorant toutes les autres, plus ou moins facilement.

Des exemples courants abondent. Dans le domaine musical, le fonctionnement du magnétophone est strictement séquentiel alors que celui du tourne-disque peut être sélectif : on peut placer directement le « saphir » sur un des sillons et ainsi « sélecter » à condition de savoir lequel correspond au début de l'enregistrement qui nous intéresse (donc de connaître son adresse). En cas de recherche du domicile d'une personne dont on ne connaît que le nom de la rue, il faudra interroger chaque concierge successivement ; ce sera de l'accès séquentiel qui risque d'être un peu long. Si nous connaissons l'adresse du domicile, un taxi nous déposera juste devant ; c'est l'accès sélectif ou direct.

Notez que l'accès séquentiel peut parfois convenir si l'on désire entendre la totalité d'une musicassette ou interroger tous les habitants de la rue.

Les mémoires à accès séquentiel sont représentées par les diverses variétés de *bandes magnétiques* et accessoirement, faute de mieux, par les fichiers de cartes perforées.

Les mémoires à accès sélectif ont d'abord été constituées par les *tambours magnétiques* puis par les différents types *de disques magnétiques* ou, pour les très fortes capacités par les feuillets ou cartouches magnétiques.

Enoncé 3

Les mémoires sur bandes magnétiques.

Eléments de corrigé

Les bandes magnétiques utilisables sur un « dérouleur » (lecteur-enregistreur) peuvent être de différents types mais l'un d'entre eux est suffisamment généralisé pour avoir été admis comme standard international (ISO / 1864).

Il s'agit d'une bande de mylar d'un 1/2 pouce (12,7 mm) de large et de 2400 pieds de long (730 m) d'une épaisseur de 37 microns sur laquelle a été déposée une couche d'oxyde magnétique de 11 microns seulement. Cette faible épaisseur permet à une bobine ou galette de ne mesurer que 27 cm de diamètre et ne peser que moins de 2 kilos (Figure 8.1).

Les premiers mètres de bandes sont inutilisables pour les enregistrements et constituent une amorce. Un « Clinquant » métallique appelé « Sticker », est d'ailleurs collé pour signaler le début de la zone utile. Un autre sticker isole aussi la fin inutilisable de la bande.

Les informations sont enregistrées sur la bande selon des ***pistes longitudinales*** *qui sont au nombre de sept sur les modèles anciens ou destinés à des ordinateurs économiques et de neuf sur la plupart des modèles récents. Un caractère (chiffre ou lettre) occupe donc toute une « colonne » à 7 ou 9 rangées (comme sur les cartes mais avec 12 rangées). Pour les bandes à 9 pistes, une position correspond exactement à un octet de mémoire centrale et permet donc aussi d'y enregistrer deux chiffres en mode PACKE ou condensé. Les caractères sont enregistrés selon un code binaire à six bits ou à huit bits (ASCII ou EBCDIC). Dans les deux cas, un bit supplémentaire est utilisé comme contrôle de « parité ». La figure 8.2 donne deux exemples d'enregistrement sur bandes à 7 pistes et à 9 pistes. Sur cette dernière, les pistes sont mélangées par rapport aux bits d'un octet et le contrôle (check) se fait par imparité.*

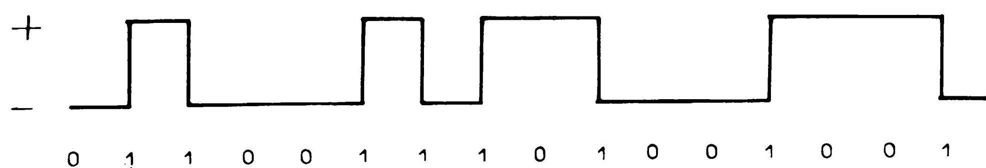


Figure 8.3 - Mode d'enregistrement NRZ

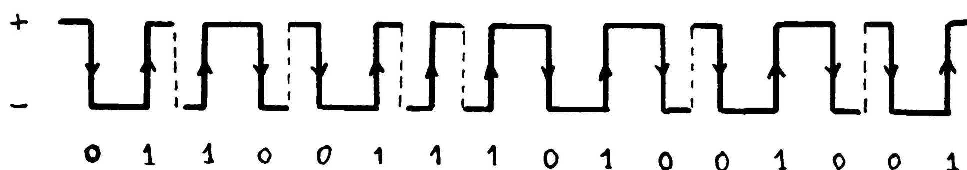


Figure 8.4 - Mode d'enregistrement P.E.

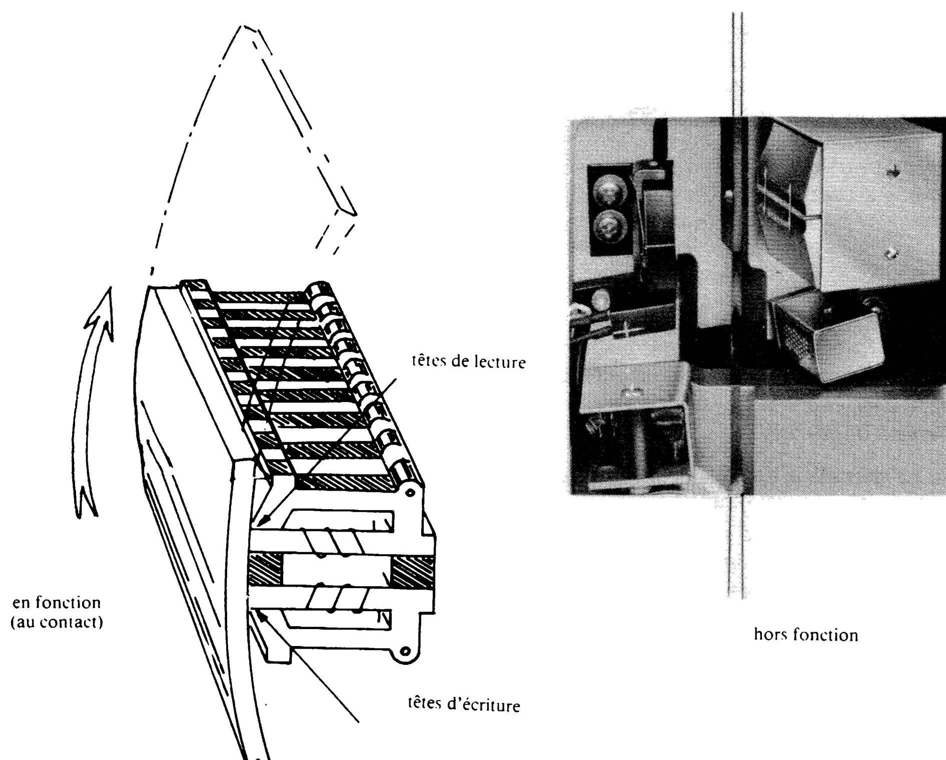


Figure 8.5 - Bloc de têtes de lecture-écriture (à 2 entrefers et 9 pistes).

Enoncé 4

Densité et mode d'enregistrement sur les bandes.

Eléments de corrigé

Selon la façon dont les tops magnétiques sont enregistrés sur la bande, on distingue trois modes d'enregistrement correspondant à trois densités possibles : NRZ, PE ou GCR.

***Le mode NRZ** (Non Retour à Zéro) néglige l'enregistrement des zéros, chaque UN provoque une variation de flux magnétique dans un sens ou dans l'autre (Figure 8.3). Le procédé est séduisant par sa simplicité mais nécessite une synchronisation minutieuse et limite de ce fait la densité d'enregistrement à 800 bpi (bits per inch) ou 315 caractères au centimètre.*

***Le mode PE** (Phase Encoded ou modulation de phase) consiste au contraire à provoquer un changement de flux pour **chaque** bit, zéro ou UN et toujours dans le **même sens** : par exemple de plus vers moins pour « 0 » et de moins vers plus pour « 1 ». Paradoxalement, il en résulte la nécessité de provoquer une variation de flux supplémentaire (appelée extra bit) lorsque deux bits de même valeur se suivent (Figure 8.4). Plus complexe à réaliser le procédé est moins exigeant quant au synchronisme des espacements de caractères puisque chaque bit est reconnaissable individuellement et permet une densité double : 1600 bpi ou 630 caractères au centimètre.*

Dans les deux modes, des caractères de contrôle longitudinaux existent en fin de bloc (dits Contrôle Cyclique de Redondance en NRZ) voire en début de bloc (dits de Synchronisation en mode PE).

***Le mode GCR** (Group Character Recording ou Enregistrement à codage de groupe) présente une particularité déroutante : le nombre de tops ou bits de chaque piste est considérablement augmenté pour permettre un contrôle longitudinal le plus poussé possible des informations de chaque « bloc » (voir énoncé 6). On peut ainsi retrouver et **rectifier** la plupart des erreurs de parité découvertes et la densité peut être considérablement augmentée sans trop de soucis pour la synchronisation. On atteint ainsi 6250 bpi ou **2460 caractères utiles** au centimètre car la densité réelle est encore plus élevée : 3560 caractères au centimètre.*

*Le procédé de contrôle est extrêmement complexe et nécessite une transcodification des groupes de 4 bits en 5 ou 6 bits de telle sorte qu'il ne puisse jamais y avoir plus de deux zéros successifs sur chaque piste. Combiné avec le contrôle transversal par octet, ce système permet de déceler et de **rectifier** toutes les erreurs ne portant que sur un bit dans une colonne.*

Enoncé 5

Les dérouleurs de bandes magnétiques.

Elément de corrigé

Le dérouleur est l'élément périphérique capable de lire les bandes magnétiques *ou* d'y enregistrer de nouvelles informations.

Pour l'essentiel, il se limite donc à un bloc de sept ou neuf têtes de lecture-écriture électro-magnétique et à deux « bobines » pour enrouler et dérouler les 700 mètres de bandes.

En réalité les têtes sont généralement doubles (Figure 8.5) ce qui permet une lecture de contrôle immédiatement après l'écriture. Ce contrôle consiste à vérifier si le nombre de tops binaires correspondant aux chiffres UNS d'une colonne est bien *toujours impair,* ce que permet de réaliser la piste centrale dite CHECK. Un autre contrôle longitudinal par piste est effectué en fin de bloc.

Un système de galets ou « cabestans » de part et d'autre des têtes entraîne la bande à une vitesse qui peut atteindre cinq mètres par seconde mais qui doit être rigoureusement constante ou synchrone pour permettre une lecture correcte. Il existe également une tête d'effacement et un dispositif de nettoyage de la bande.

Contrairement aux mémoires à accès sélectif (tambour et disques) les dérouleurs de bandes magnétiques sont normalement *au repos* et ne lancent le défilement de la bande que sur ordre venant de l'unité centrale.

bobines
réceptrice
débitrice
(ou inverse selon les constructeurs)

cabestan

têtes L.E.

guide

têtes de lecture-écriture

tête d'effacement

nettoyeur

puits à vide

Figure 8.6 - Dérouleur de bandes magnétiques « classique ».
Agrandissements successifs (carter enlevé).

... en fonctionnement
têtes au contact

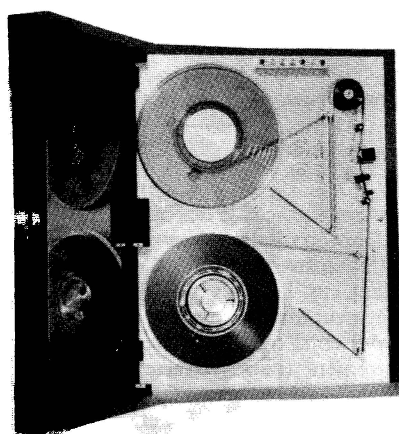


Figure 8.7 - Dérouleur à bras (au lieu de puits).

Il en découle deux conséquences importantes :
— une accélération aussi brutale de 0 à 5 m/seconde en quelques millisecondes risquerait de rompre la bande si la bobine était attaquée directement ;
— pendant ces quelques millisecondes d'accélération, une portion de bande non négligeable est franchie à vitesse croissante qui ne permet aucune lecture (le même phénomène ayant lieu pendant la phase de freinage précédant l'arrêt).

*Pour éviter les tractions trop brutales sur la bande, un «système **amortisseur**» permet de disposer de deux «boucles lâches» de plus d'un mètre de part et d'autre des têtes de lecture. La bande avance ainsi par **saccades** de quelques centimètres sans mouvement des bobines débitrice ou réceptrice. Dès que la boucle antérieure devient trop courte, la bobine débitrice fait deux ou trois tours. Inversement, si la boucle postérieure devient trop longue, la bobine réceptrice tourne pour la résorber. Divers systèmes mécaniques ont été utilisés pour repérer la longueur des boucles et déclencher les bobines. Pendant très longtemps ce furent des puits à vide qui ont popularisé l'aspect caractéristique des dérouleurs (Figure 8.6). Aujourd'hui des systèmes à bras mécaniques à ressort sont de plus en plus employés pour rechercher plus de compacité (Figure 8.7).*

Après lecture ou écriture la bande doit être rembobinée; seule la bobine antérieure aux têtes de lecture étant systématiquement amovible. Ce rembobinage se fait à grande vitesse, têtes de lecture hors circuit, à plus de 10 m par seconde pour ne pas perdre plus d'une minute à cette tâche servile.

Certains dérouleurs peuvent lire en marche arrière pendant le rebobinage à vitesse normale bien entendu. Cette option généralement très coûteuse n'est intéressante que pour les tris sur bandes (voire 2e partie). Inversement quelques matériels peuvent faire défiler sans lecture de grandes portions de bande pour accélérer des recherches.

Les vitesses de lecture théoriquement obtenues s'évaluent en *kilocycles* (Kc) ou milliers de caractères par seconde, et dépendent de la densité des bandes et de leur vitesse de défilement sous les têtes. Cette dernière s'évalue en « inches per second » ou i.p.s. dans une gamme allant de 40 à 200 i.p.s. soit de un à cinq mètres seconde. Avec les densités classiques, on voit que les vitesses possibles vont de 32 Kc (315 × 100) à 1 200 Kc (2 400 × 500) plus d'un million de caractères par seconde.

Les prix sont tout aussi ventilés de moins de 1 000 francs à près de 7 000 F et il est nécessaire d'utiliser plusieurs dérouleurs (3 au minimum pour les tris inévitables).

Enoncé 6

Organisation des fichiers sur bande magnétique.

Eléments de corrigé

L'utilisation d'un fichier sur bande magnétique nécessite quelques précautions de deux ordres différents mais complémentaires :
— pour la capacité utile et la vitesse pratique de lecture des bandes ;
— pour la sécurité et la conservation des fichiers.

1°) Nous avons vu à l'énoncé précédent que le déroulement saccadé des bandes provoquait une *perte de place* sur la bande du fait de l'accélération ou de la décélération du dérouleur qui fait défiler des portions de bande inutilisables puisque la lecture ne peut se faire qu'à *vitesse synchrone.* Ces portions de bande ont une longueur importante de près d'un centimètre dans les deux cas. La place perdue entre deux enregistrements utiles, appelée «Espace Arrêt-Marche» ou GAP (fossé) peut ainsi atteindre 1,5 cm (Figure 8.8). Selon la densité de la bande, la présence de ce gap peut avoir des conséquences caricaturales. Par exemple, si un fichier clients nécessitant cent caractères par enregistrement (nom, adresse, etc...) est logé sur bande magnétique à 1 600 bpi ou 630 caractères au centimètre, la bande ne sera utilisée qu'à 10 % de sa capacité. En effet chaque enregistrement client aura une longueur de 1,5 mm (100/63) et serait séparé du suivant par un gap *dix fois plus long.* En outre, chaque lecture ou écriture provoqueraient un temps d'attente, ou temps d'accès de plusieurs millisecondes nécessaire à l'accélération.

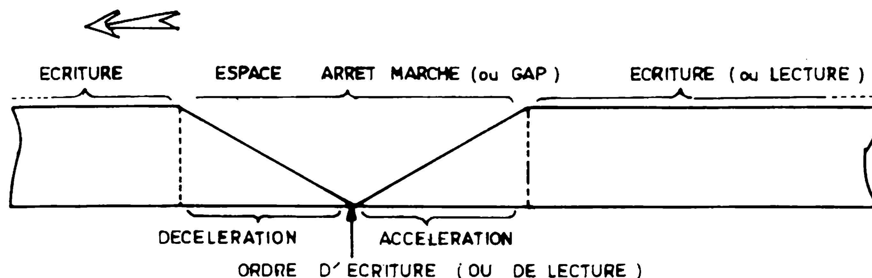


Figure 8.8 - Utilité de l'espace arrêt-marche.

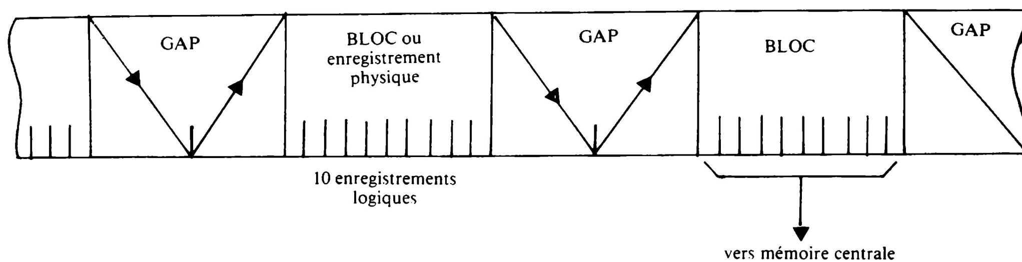


Figure 8.9 - Organisation des enregistrements sur bande.

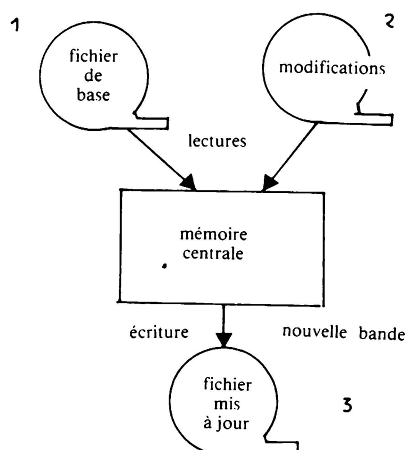


Figure 8.10 - Mise à jour d'un fichier sur bande

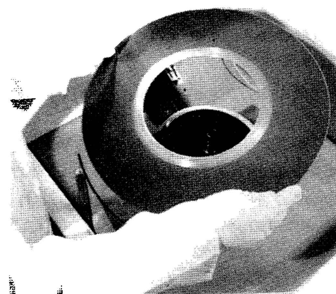


Figure 8.13 - Disque magnétique (en cours de fabrication)

Pour éviter ces deux inconvénients, les enregistrements sur bande sont *groupés* ou bloqués au maximum (Figure 8.9). Ainsi dans notre exemple, en enregistrant dix clients à la suite, on utilisera 50 % de la surface de la bande.

On distingue ainsi des enregistrements *logiques* (chaque client) et des enregistrements *physiques* (chaque bloc de dix). La détermination du nombre d'enregistrements ainsi groupés, connu sous le nom de *facteur de groupage,* dépend uniquement de la place que l'on peut accorder à chaque dérouleur dans la *mémoire centrale* car le bloc sera envoyé tel quel vers la zone réceptrice de l'unité centrale. Le choix de l'enregistrement logique désiré pose un problème. Il sera résolu par un programme fourni par le constructeur (I.O.C.S.[1] voir 2e partie).

2°) Pour la conservation d'un fichier plusieurs précautions doivent être observées.

La plus importante consiste à ne jamais écrire sur une bande en lecture ce qui devrait se produire à chaque modification de mise à jour. Cette dernière s'effectuera donc par *recopie intégrale* du fichier sur une *autre bande* avec transit par la mémoire centrale dans laquelle aura lieu la modification avant écriture. Il faut donc toujours disposer de *deux dérouleurs* au minimum, l'un en lecture, l'autre en écriture. En pratique, une ou deux unités supplémentaires sont indispensables notamment pour faire des tris de bandes très fréquents en raison de l'accès séquentiel (Figure 8.10).

Deux autres précautions sont encore appliquées :

- *le premier enregistrement physique de chaque bande représente une étiquette de contrôle vérifiée par programme et appelée* ***«label».*** *Il permet de s'assurer que la bande en lecture est bien celle désirée et surtout que l'on peut enregistrer sans danger d'effacement intempestif sur une bande en écriture (date de péremption);*
- *un* ***anneau d'écriture*** *doit être placé sur le «moyeu» de la bande sur laquelle on doit écrire.*

Tout ce luxe de précautions traduit la hantise de l'informaticien de voir effacé accidentellement un fichier important. Les grandes vitesses d'écriture des bandes et leur manque total de lisibilité humaine rendent ce risque permanent.

Enoncé 7

Les tambours magnétiques.

Eléments de corrigé

Les tambours magnétiques sont les plus anciennes mémoires auxiliaires qui aient été utilisées en informatique notamment sur les ordinateurs de première génération (avant les tores de ferrite).

Ils se composent d'un cylindre parfaitement équilibré dont la surface de révolution est recouverte d'un oxyde magnétique analogue à celui des bandes ou des disques. Cette surface magnétique est divisée en pistes parallèles au nombre de plusieurs centaines. Les enregistrements y sont normalement effectués ***en série sur une seule piste*** *mais quelques modèles ont utilisé trois ou quatre pistes en parallèle rarement plus (Figure 8.12).*

La dimension du cylindre est proche de celle de l'instrument de musique qui lui a donné son nom. Il ***tourne en permanence*** *à une vitesse de 3000 à 7000 tours à la minute (au-delà, la force centrifuge décollerait la couche d'oxyde). Sa principale originalité tient à ce que les têtes de lecture-écriture sont disposées tout autour du cylindre, à* ***raison d'une tête par piste*** *(Figure 8.11).*

Le temps d'accès à une information est ainsi minimal puisqu'il suffit d'attendre, au maximum, un tour complet et en moyenne un demi-tour, soit moins de dix millisecondes, pour que l'information désirée passe sous la tête de lecture sélectée. En fait, toutes les têtes lisent en permanence et c'est par commutation électronique (circuit ET) que la lecture d'une seule d'entre elles est validée et encore pendant une partie de la durée de rotation, correspondant à la notion de ***«secteurs».*** *Chaque piste est en effet découpée en blocs rigides appelés secteurs d'une capacité de 256 ou 512 octets généralement.*

(1) I.O.C.S. : Input Output Control System ou Programme de Gestion des Entrées-Sorties.

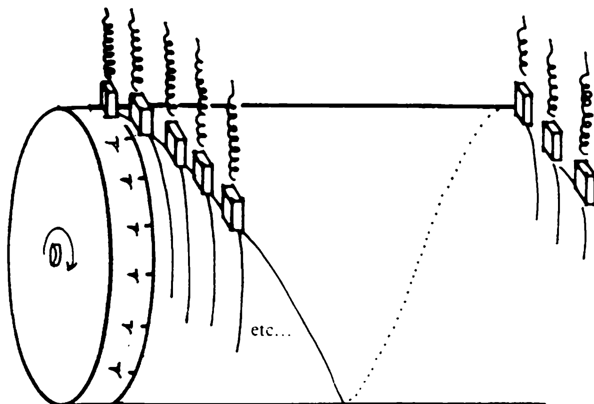


Figure 8.11 - Disposition des têtes de L.E. autour du tambour.

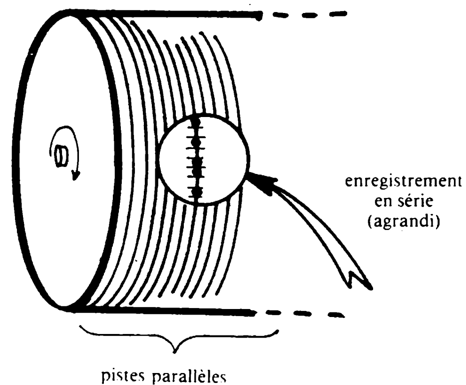


Figure 8.12 - Enregistrement sur tambour.

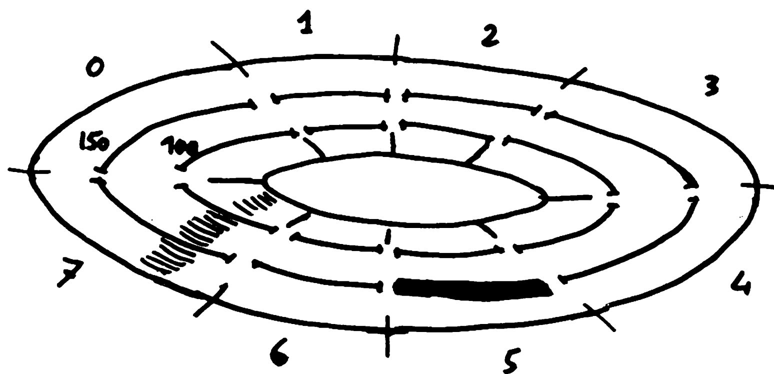


Figure 8.14 - Exemple de disque à secteur FIXE (dit préformaté)
Chaque piste comporte 8 secteurs.
Seules les pistes 100 et 150 sont schématisées.
Le Secteur 5 de la piste 150 est renforcé.

La capacité d'un tambour dépend évidemment de sa taille mais également de la densité des pistes et de la densité des enregistrements.

Les plus modestes ne font que quelques centaines de milliers de caractères... les plus puissants environ dix millions. Les prix ne sont plus guère significatifs car ce type de mémoire est en cours de disparition devant la concurrence des disques, plus lents mais moins coûteux.

Un constructeur, UNIVAC, s'était spécialisé dans la fabrication des tambours de très grandes dimensions (198 millions d'octets) mais en limitant la vitesse et le nombre de têtes de lecture qui devraient être fréquemment déplacées et se rapprochent alors de la « technique disques ».

Enoncé 8

Les mémoires à disques magnétiques

Eléments de corrigé

Venues après les tambours, les mémoires à disques magnétiques ont connu ces dernières années un développement considérable dû aux progrès technologiques extraordinaires dont leur fabrication a été l'objet notamment sous le rapport prix/performances.

Elles ont tendance à supplanter toutes les autres mémoires à accès sélectif (tambour ou feuillets) mais commencent à présenter entre elles un grand nombre de particularités qui obligent à prévoir de nombreuses sous-catégories.

Toute mémoire à disque comporte toujours deux parties :

— le (ou les) disque(s) magnétique(s) qui constitue (ent) la mémoire à proprement parler.

— un dispositif de lecture-écriture composé de «têtes électromagnétiques» nécessitant la rotation permanente du disque à une vitesse synchrone rigoureuse. Ce dispositif est appelé «unité» ou «contrôleur» (plus rarement) de disques en français ou «drive» ou «driver» en anglais.

Les nombreuses catégories de mémoires à disques évoquées ci-dessus proviennent de la variété *des combinaisons possibles* entre les *taille et capacité* très variables des disques proprement dit et leur conditionnement dans l'unité ou drive.

Deux caractéristiques essentielles distinguent les divers types de drives :

— ils contrôlent un disque unique ou une pile de disques;

— le ou les disques sont fixes ou amovibles.

En principe, les têtes de lecture sont en *nombre réduit* (une par face) et doivent être *positionnées avant lecture* mais il y a quelques exceptions.

Ces têtes ne sont pas en contact avec le disque (contrairement à celles des dérouleurs de bandes magnétiques) et flottent à quelques microns seulement au-dessus de la surface du disque (Fig. 8.17).

A l'origine, les disques des premières mémoires étaient fixes. En 1962, furent lancés les premiers disques amovibles (1311-IBM). Ce sont ces modèles amovibles qui sont le plus répandus mais on assiste aujourd'hui à un regain de faveur pour les disques fixes malgré les problèmes de sauvegarde des fichiers que peut alors poser cette technologie (voir énoncé 13).

Enoncé 9

Les différents types de disques magnétiques

Eléments de corrigé

1°) Disque rigide classique «standard»

Pendant une dizaine d'années, la majorité des constructeurs utilisèrent un support physique identique devenu un véritable standard sous forme d'un disque d'aluminium d'une épaisseur d'1/20e de pouce (1,27 mm) recouvert sur ses deux faces d'un oxyde ferro-magnétique d'environ 5 microns d'épaisseur. Ce disque, d'un diamètre de 14 pouces (356 mm), est largement évidé en son centre et, seule, une couronne

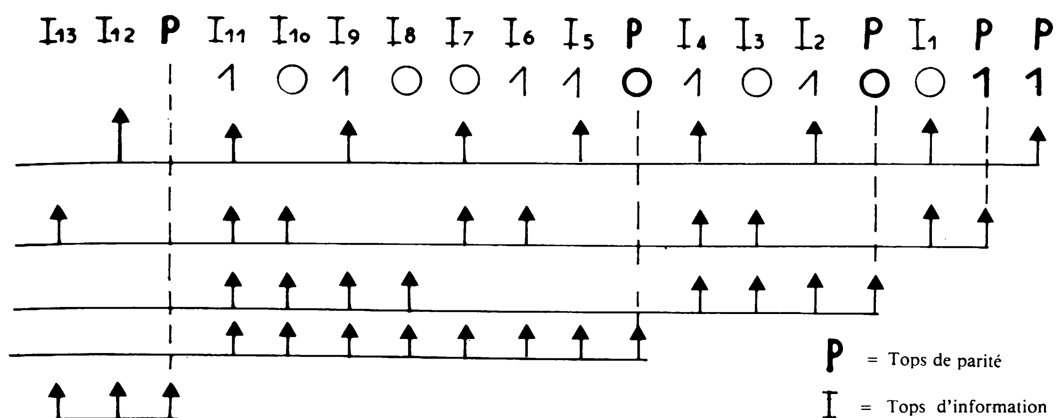


Figure 8.15 - Principe du code de Hamming appliqué au contrôle cyclique de redondance sur disque.
Les flèches précisent quels sont les tops I contrôlés par chaque top P.

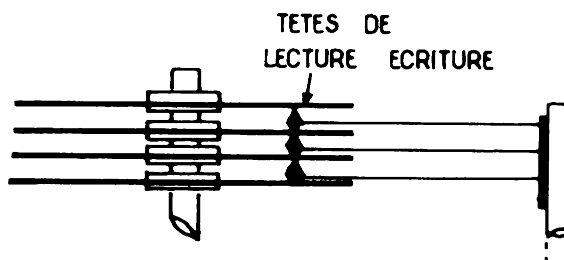


Figure 8.16 - « Peigne » de 3 têtes de lecture-écriture.

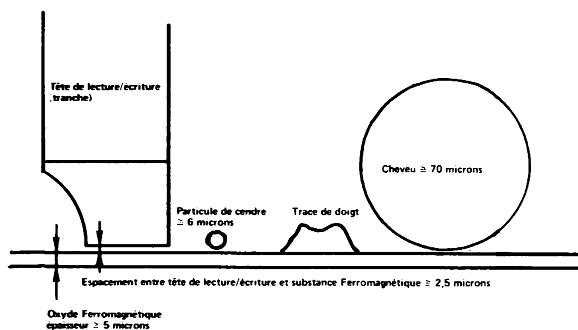


Figure 8 17 - Les poussières sur un disque !

assez étroite d'une dizaine de centimètres au maximum sert à l'enregistrement (fig. 8.13). La surface magnétique est divisée en *pistes concentriques* sur lesquelles les informations sont enregistrées *en série* sous forme de blocs de caractères appelés *secteurs.*

Déjà avec l'utilisation de ce type de disque standard, les variantes d'utilisation de la surface magnétique peuvent être très nombreuses :

a) La *densité d'enregistrement «longitudinale»* en série sur chaque piste est de 1100, 2200, 4040 ou 6038 bpi. Il s'agit, bien entendu, d'une densité *moyenne* sur la piste *médiane;* les densités réelles étant plus fortes vers le centre et plus faibles vers l'extérieur. C'est la vitesse de défilement sous les têtes de lecture-écriture qui doit rester constante.

b) *La densité radiale,* c'est-à-dire le nombre de pistes (tracks) par pouce est de 100, 200, 370 ou 476 t.p.i.

c) Enfin le *nombre de secteurs* peut être fixe avec des blocs de longueur prédéterminée (128, 256 ou 512 caractères généralement) *physiquement séparés* dès l'origine ou *variable* déterminé par programme avec des espaces inter-bloc (E.I.B.) analogues à ceux des bandes magnétiques (figure 8.14).

2°) Les disques Winchester

La surface des disques précédents était très sensible aux chocs et ne devait ainsi jamais être en contact avec les têtes dont l'atterrissage accidentel (appelé scratch) était généralement catastrophique, non seulement, pour l'intégrité des informations enregistrées mais aussi pour l'utilisation ultérieure du disque lui-même !...

C'est pourquoi une nouvelle technique de fabrication fut mise au point consistant à rendre cette surface plus tolérante au contact de têtes devenues plus légères pouvant à la rigueur glisser sur le disque sans dommage. On caractérise cette performance en disant que le disque est «lubrifié». A l'arrêt, les têtes reposent sur les disques et s'en écartent pendant leur rotation d'un micron seulement, pratiquement sous le seul effet du déplacement d'air. On dit qu'elles «planent».

Evidemment les conséquences de la rencontre de tout obstacle seraient encore plus graves, pour les têtes cette fois, et les constructeurs ont été amenés à «sceller» l'ensemble têtes et disques dans une *enceinte étanche,* à l'abri de toute poussière et risque de déformation.

C'est l'ensemble de ces particularités que l'on désigne couramment sous le nom de *«technologie Winchester»* et l'ensemble disques-têtes ainsi enfermé sous celui de H.D.A. (Head Disk Asembly).

Son principal avantage tient au *rapprochement des têtes* de la surface qui permet une détection plus fine des variations de flux magnétiques et un *doublement des densités* tant longitudinale que radiale pouvant atteindre, respectivement, 12000 bpi et 1000 tpi au maximum.

Ce quadruplement de la densité globale d'enregistrement a conduit tout naturellement à une réduction du diamètre des disques et deux nouveaux standards sont apparus : 8 pouces (200 mm) et 5 pouces 1/4 (130 mm) bien que la technologie Winchester ait été aussi appliquée, d'abord aux 14 pouces (voir énoncé 11 - 3e).

3°) *Les disques souples* ou disquettes (floppy disks) ne servent de mémoire auxiliaire que sur les micro-ordinateurs et seront étudiés au chapitre 14.

Enoncé 10

Le contrôle des enregistrements sur disques

Eléments de corrigé

Le contrôle de l'intégrité des informations ne s'effectue pas comme sur les bandes, les bits de contrôle de chaque caractère (9e bit en cas de découpage par octet) n'étant pas transcrits sur la piste (à cause de l'enregistrement en série). Par contre, le contrôle longitudinal de chaque groupe ou bloc d'octets est renforcé et dit «Contrôle cyclique de Redondance». Il utilise le principe du code de HAMMING permettant de déceler non seulement si le message est correct mais encore en cas de présence ***d'une seule erreur,*** *de la localiser et de la* ***rectifier*** *en inversant le bit.*

Dans ce système, plusieurs bits de parité sont judicieusement disposés parmi les bits à contrôler de telle sorte qu'en cas d'erreur sur une position, un ou plusieurs bits de parité deviendront incorrects.

Il est facile de comprendre que s'il y a quatre bits de parité binaire P, leurs « combinaisons incorrectes » sont au nombre de 15 ($2^4 - 1$) et permettant donc de contrôler 11 bits d'information (15 — 4).

Une formule permet de calculer ce nombre de bits de parité P en fonction du nombre d'informations à contrôler I :

P doit vérifier l'inégalité : $2^P \geq I + P + 1$

Ce nombre P est remarquablement faible : 8 seulement pour 247 bits d'information.

Une autre formule permet de trouver les emplacements judicieux des bits P. La figure 8.15 donne un exemple de code de Hamming pour un nombre binaire de 11 chiffres. Il sera démonstratif d'imaginer des erreurs et de vérifier l'efficacité du contrôle.

Enoncé 11

Les unités de disques amovibles.

Eléments de corrigé

Dans ces modèles, l'unité comporte essentiellement un dispositif d'entraînement des disques en rotation continuelle à vitesse synchrone extrêmement précise pouvant atteindre 4000 tours par minute.

Des têtes de lecture-écriture rétractables sont portées par des *bras solidaires* formant peigne. Chaque bras comporte deux têtes et, pénétrant entre deux disques, peut ainsi lire deux pistes sur deux faces, supérieure et inférieure (Figure 8.16).

Le positionnement préalable des têtes au-dessus de la piste à lire nécessite un appareillage mécanique de haute précision et demande un temps relativement important d'une dizaine de millisecondes dans les cas les plus favorables. Il faut ensuite attendre que le secteur à lire passe sous la tête positionnée; ce temps est appelé « délai demi-rotationnel moyen ». Il est *au minimum de huit millisecondes*».

L'ensemble des deux temps (déplacement du bras et attente du défilement du secteur) représente le temps moyen d'accès. Il n'est jamais inférieur à *25 millisecondes* et peut dépasser 100 millisecondes.

La capacité de l'unité complète dépend évidemment du volume d'enregistrement de chaque disque (de 14 pouces généralement) mais aussi du nombre de disques que peut comporter chaque pile. C'est à cet égard que les variantes sont les plus nombreuses.

*1°) Les chargeurs **monodisques** (ou cartridges ou cartouches) ne comportent qu'un disque et n'atteignent que des capacités assez modestes de quelques millions de caractères. (TRENTE AU MAXIMUM).*

Les pistes sont presque toujours divisées en secteurs rigides au nombre de 12 ou 16 (parfois 8 ou 24). La vitesse de rotation dépasse rarement 2400 tours par minute.

Le mode de chargement du cartouche peut être vertical (top load) ou horizontal (front load) (Figure 8.18).

*2°) Les disques-piles ou **dispacks** sont les plus connus des mémoires à disques. Ils comptent de 4 à 12 disques logés dans un « conteneur » ou carter de protection vulgairement appelé « gamelle » (Figure 8.18).*

Les faces externes, les plus exposées ne servent jamais à l'enregistrement. On dispose donc de six à vingt faces utiles. Sur les modèles les plus perfectionnés à douze disques, une face « centrale » est consacrée à la synchronisation de l'ensemble et ne peut être utilisée pour l'enregistrement.

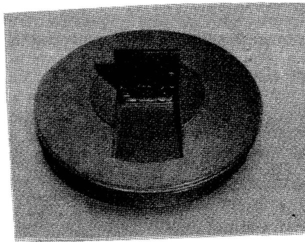
Le fond et le couvercle du conteneur sont enlevés lors du chargement (Figure 8.20).

Le nombre de pistes par disques est également très variable de 200 à 800 avec une dizaine de pistes de secours supplémentaires. Les capacités s'étagent de 20 à 300 millions de caractères.

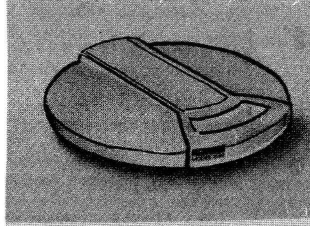
*Fréquemment la même unité comporte **deux axes** permettant de contrôler deux dispacks et donc d'atteindre 600 millions de caractères en ligne.*

Les prix de location mensuels sont très ventilés également :

- *moins de 500 Frs pour un cartridge;*
- *à partir de 1000 Frs pour 100 millions;*
- *plus de 3000 Frs pour 600 millions.*



à chargement vertical (Top Load)



horizontal (Front Load)



Dispacks ou « gamelle »

Monodisque ou cartridge.

Figure 8.18 - Disques amovibles.

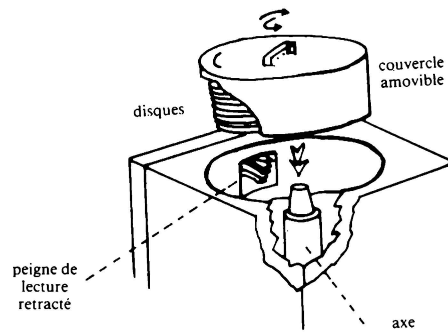


Figure 8.20 - Changement d'une « gamelle » sur un « driver ».

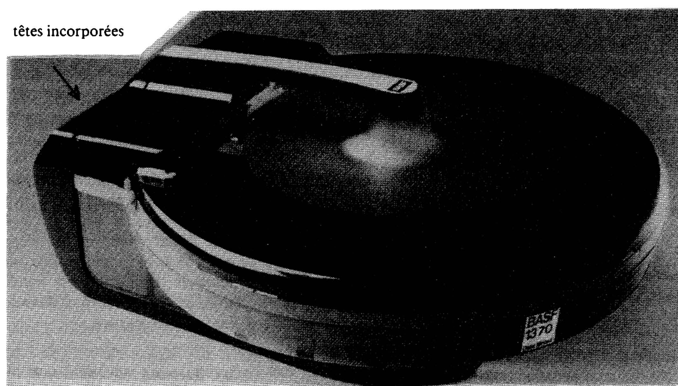


Figure 8.22 - Infopile ou datamodule.

3°) Les «*info-piles ou datamodules*» représentent la première application de la technologie Winchester. En effet, paradoxalement, l'augmentation considérable des densités d'enregistrement notamment vis-à-vis des pistes (t.p.i.) exige un alignement de tête d'une telle précision que les variations de température peuvent avoir une influence sur le réglage !... D'autre part, la lutte contre les poussières prend une importance déterminante. Dans ces conditions, l'utilisation des dispacks traditionnels avec les manipulations de leur double couvercle inférieur et supérieur et leur protection plus ou moins efficace, conduit à une impasse technologique : il faut limiter la densité à cause de la poussière ou des conditions de rangement.

De là l'idée d'enfermer les disques dans des conteneurs scellés à l'abri de toute poussière ou variation climatique mais ils doivent alors *comporter aussi leurs propres têtes de lecture.* C'est ce tour de force qui fut commercialisé sous les noms d'infopacks, datamodules, (module de données) ou infopiles (figure 8.22).

Le module comportait quatre disques dont six faces seulement utilisables pour les enregistrements et 70 millions d'octets comme *capacité pratique,* mais le prix était dix fois *supérieur* à celui d'une unité à dispacks classique de capacité équivalente.

*En option, il est possible de disposer de **têtes fixes** pour une douzaine de pistes de la face inférieure de la pile. Ceci est très intéressant pour le temps d'accès (voir énoncés suivants).*

En raison de leur coût élevé, les infopacks n'ont pas connu un grand succès.

Enoncé 12

Les unités à disques fixes

Eléments de corrigé

L'interchangeabilité des disques, très intéressante pour l'utilisateur de capacités moyennes et surtout pour la sauvegarde des fichiers, entraîne des complications de fabrication évidentes et soumet les disques à des manipulations toujours dangereuses.

C'est pourquoi avec l'accroissement des besoins (temps réel et bases de données), les disques fixes reviennent à l'ordre du jour. On peut en effet y abandonner la plupart des servitudes de protection des dispacks et utiliser les faces externes des piles et les surfaces des disques jusqu'à leur bord extrême. Les défauts de planéité à la suite de chocs ne sont plus à craindre, la taille et le poids des piles de disques peuvent être augmentés (Figure 8.21) et la technologie Winchester y être appliquée facilement...

Les modèles les plus récents offrent donc des capacités plus élevées pour des prix du même ordre que les meilleurs dispacks : 635 millions pour 5000 francs par exemple. Il existe ainsi des capacités de plus de deux milliards de caractères, avec quatre axes.

Une dernière variété de mémoire à disques est constituée par les unités à *têtes* fixes.

N'utilisant généralement qu'un seul disque, avec une densité t.p.i. assez faible, les unités ne présentent jamais une capacité très élevée : dix millions de caractères au maximum. Par contre, *chaque piste* dispose de *sa propre tête de lecture-écriture* et aucun déplacement mécanique préalable n'est plus nécessaire. La seule limite au temps d'accès est la vitesse de rotation du disque. On peut ainsi descendre en dessous des dix millisecondes comme sur les tambours magnétiques et pour la même raison (têtes fixes).

Les prix sont évidemment beaucoup plus élevés, du même ordre que pour les infopacks mais à capacité encore moindre généralement.

Enoncé 13

Sauvegarde des fichiers sur disques

Eléments de corrigé

En contrepartie de leurs avantages considérables, les mémoires magnétiques présentent le grave inconvénient de pouvoir s'effacer... accidentellement... Tout fichier informatique important doit donc être stocké en double... Cela «coulait de source» sur les bandes magnétiques ou chaque modification ou mise à jour d'un fichier s'accompagnait de sa recopie sur une *nouvelle bande.* Il suffisait alors de garder la «précédente génération» (et les dernières modifications) pour pouvoir reconstituer le fichier en cas d'incident.

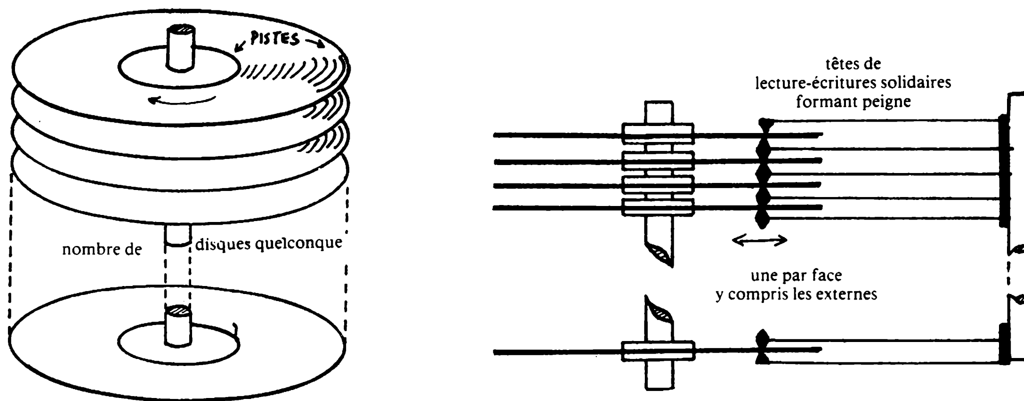


Figure 8.21 - Disques magnétiques fixes.

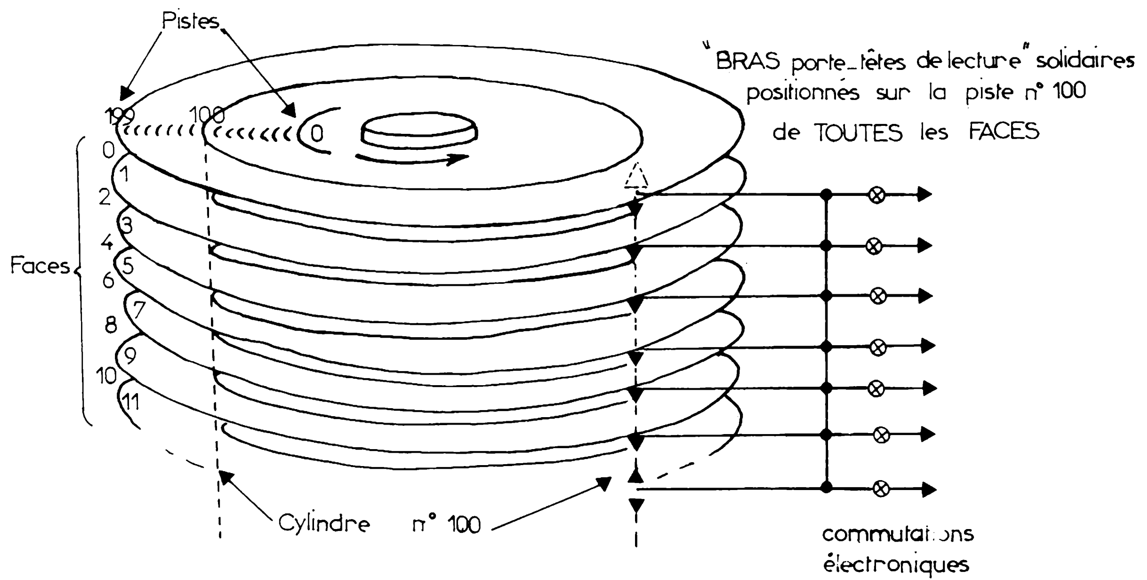


Figure 8.23 - Enregistrement en cylindre.

Sur disque, *seuls les enregistrements modifiés* sont *réécrits à leur emplacement d'origine* (avantage de l'accès sélectif des mémoires adressables). Tout incident (erreur d'adresse ou effacement intempestif) tournerait au désastre si le fichier n'était pas recopié périodiquement (parfois quotidiennement !...) sur «un autre disque *stocké en dehors* de l'ordinateur» dans des armoires blindées et ignifuges bien souvent. Avec des discpacks amovibles, il suffisait de disposer de *deux unités* de disques pour pouvoir effectuer ces sauvegardes.

En cas d'utilisation de *disques fixes,* le problème reprend toute son acuité... Si l'on dispose conjointement de dérouleurs de bandes magnétiques, il suffit de recopier sur bande sans limite de capacité en raison de l'accès séquentiel.

S'il n'y a pas de bande, il fallait en revenir aux discpacks et disposer de deux unités, l'une à disques fixes et l'autre, amovibles et pas forcément aussi capacitaire.

Une tendance nouvelle se développe rapidement aujourd'hui consistant à adjoindre à chaque unité de disque dans le même bâti une «minibande» avec son dispositif de lecture-écriture incorporé. Appelée STREAMER, elle est de largeur plus ou moins standard (1/4 pouce ou 1/2 pouce) d'une densité inhabituelle (souvent 3200 bpi) et surtout d'une longueur réduite et enregistrée «*en continu*» sans gaps.

Fréquemment, elle se présente sous forme de cassette évidemment amovible et stockable hors de la machine (voir Fig. 8.19, page 155).

Enoncé 14

Organisation des fichiers sur disques.

Eléments de corrigé

Sans entrer dans des détails qui ressortissent au domaine de l'analyse et du logiciel, on peut souligner une conséquence pratique bien connue du mode de lecture des fichiers sur disque.

Le fait d'avoir à déplacer les bras porte-têtes est une contrainte regrettable quant au temps d'accès aux informations qui se trouve ainsi *multiplié par trois ou quatre* (par rapport à celui du seul délai rotationnel).

L'organisation optimale d'un fichier consiste donc à limiter au strict minimum indispensable le nombre de déplacements des têtes de lecture. Si l'on se souvient que *tous les bras sont solidaires* comme les dents d'un peigne, la solution consiste à enregistrer les informations d'un même fichier sur *la même piste de plusieurs faces* superposées et non sur les pistes adjacentes d'une même face (voir figure 8.23).

C'est ce que l'on appelle l'enregistrement en cylindre. Cette organisation est devenu si classique que l'on donne fréquemment la capacité d'une pile de disques sous cette forme. On dira qu'un disque a une capacité de 400 cylindres de 250000 octets...sans même préciser le nombre de faces.

Enoncé 15

Les mémoires à feuillets magnétiques.

Eléments de corrigé

Les feuillets magnétiques se présentent sous forme d'un ensemble de rectangles de matière plastique enduite d'un oxyde ferromagnétique très semblable à celle des bandes magnétiques mais plus épaisse.

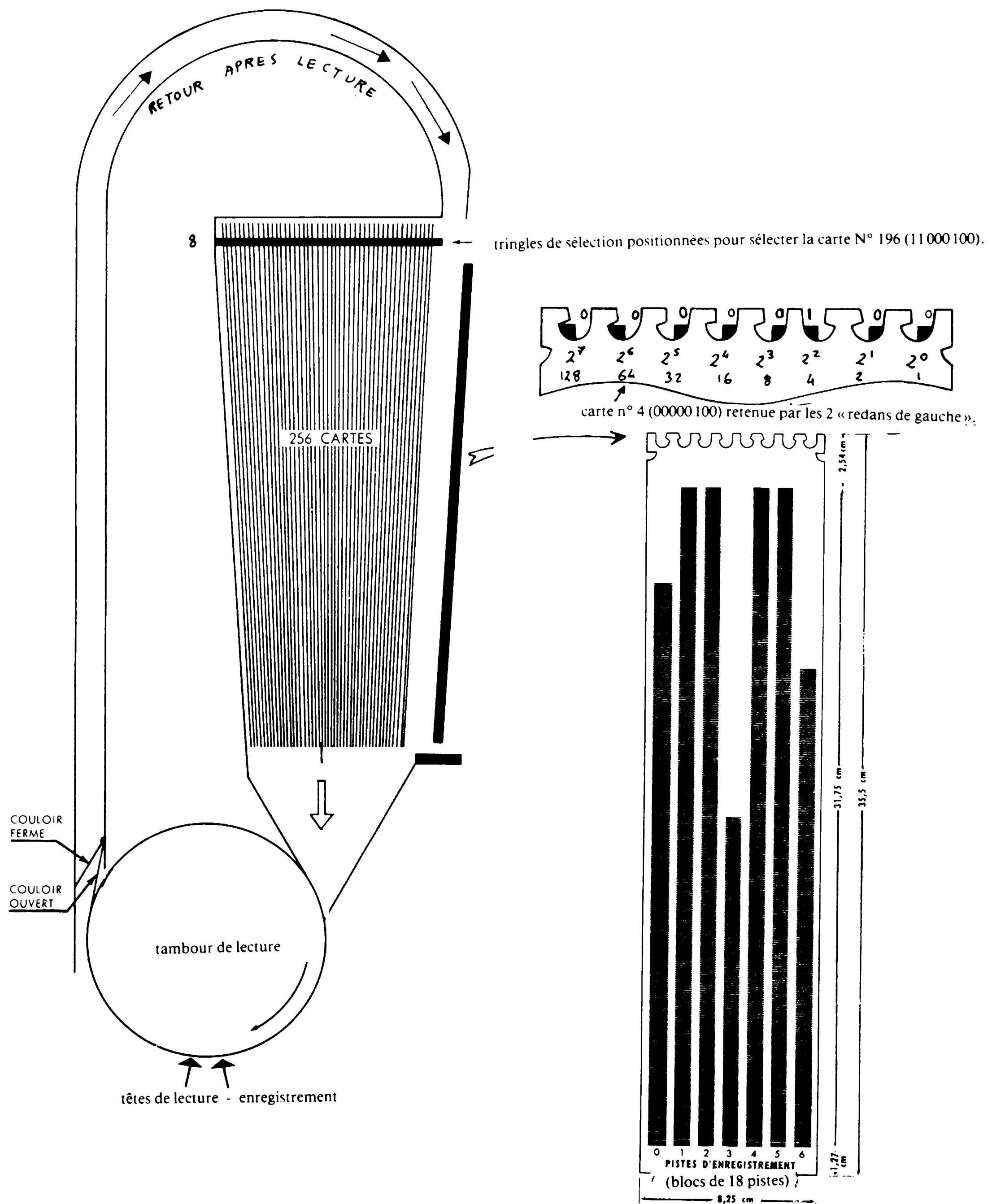


Figure 8.24 - Mémoire à feuillets magnétiques.

Le modèle le plus connu, sous le nom de C.R.A.M. (Card Random Access Memory) mesure 35 × 8 cm et est divisé longitudinalement en 144 ou 128 pistes d'enregistrement d'une capacité de plus de 2600 octets chacune soit près de 380000 octets par feuillet. Les feuillets sont regroupés par paquet de 384 (ou 256) qui forment un ***chargeur*** *et l'unité de lecture-écriture peut comporter plusieurs chargeurs (Figure 8.24).*

On comprend qu'il y a dix ans devant la capacité ***minimale de 145 millions*** *de caractères ainsi obtenue, on ait utilisé le terme de « mémoires de masse » ou M.S.S. (Mass Storages System) pour désigner ces unités.*

Toutefois, elles comportent un sérieux inconvénient du fait de leur temps d'accès... Le mode de lecture est en effet assez complexe. Chaque feuillet comporte un système de neuf (ou huit) encoches qui lui attribue un numéro exprimé en binaire (de 0 à 383 ou 255). Un ensemble de huit ou neuf tringles permettent en pivotant judicieusement de ***sélecter*** *le feuillet désiré selon son « adresse encochée ». Il est alors plaqué sur un tambour tournant à 2000 tours par minute dont les têtes lisent ou enregistrent les pistes du feuillet. Après utilisation, le feuillet est renvoyé vers son magasin. Malgré des prodiges de mécanique, l'ensemble de ces opérations représentait un temps d'accès de 200 millisecondes... Les prix étaient très compétitifs à l'origine mais, devant les progrès spectaculaires effectués dans la fabrication des disques, ces avantages se sont progressivement estompés. Après avoir été fabriqués par N.C.R: (CRAM) B.G.E. (BULRAC) et I.B.M. (DATACELL), ils paraissaient aujourd'hui abandonnés.*

Ils viennent d'être relancés sous une forme légèrement différente par IBM et CDC (Control Data) sous le nom de « cartouches magnétiques ».

On retrouve toujours le feuillet mais beaucoup plus long (de 4 m à 17 m) enroulé comme une pellicule photographique de 9 cm × 5 cm) et rangé dans des alvéoles (Figure 8.25).

Le mode de lecture est très original. Il utilise toujours un tambour mais le feuillet y est appliqué par « morceau » de deux millions de caractères ! (appelé « stripe ») de façon hélicoïdale. Les têtes de lecture forment un anneau et tournent autour de cette portion de feuillet en envoyant les impulsions recueillies vers une pile de disques magnétiques de cent millions de caractères qui joue alors le rôle d'une ***mémoire-tampon obligatoire*** *(Figure 8.26).*

La totalité de la cartouche est ainsi lue par rotations saccadées du tambour (une vingtaine). Les pistes d'enregistrements se présentent sur le ruban d'une façon hélicoïdale (en « diagonale incurvée ») pour pouvoir défiler horizontalement sous les têtes de lecture-écriture.

Les cartouches sont logées dans des alvéoles disposées en « nids d'abeille » munies d'une adresse à coordonnées à trois dimensions (en volume). Un guichet permet un changement manuel de cartouches.

Deux « accesseurs », contrôlés par un microprocesseur, assurent la recherche et le transport des cartouches demandées vers le tambour de lecture.

L'ensemble de ces opérations peut demander quinze secondes.

Toufefois, la capacité du feuillet est telle (de huit à ***cinqante*** *millions de caractères) que les mémoires à cartouches sont présentées comme des* ***concurrentes des bandes magnétiques*** *plutôt que des disques. Une unité peut en effet stocker de 700 à 2000 cartouches soit l'équivalent de toute une rubanothèque ou* ***quelques dizaines de milliards*** *de caractères.*

Vu sous cet angle, les quelques secondes de temps d'accès aux cartouches sont négligeables par rapport aux quelques minutes de manipulation que représentent le rebobinage et le changement d'une bande magnétique.

Même le coût élevé de location de plus de 50000 francs par mois devient alors relatif en comparaison des économies de volumes de rangement et de « personnel manipulant » réalisées. Ces mémoires portent d'ailleurs le nom symptomatique de S.S.I. (Système de Stockage de l'Information).

Enoncé 16

Tableau récapitulatif sur les mémoires.



stylo à l'échelle !

Figure 8.25 - Cartouches magnétiques de 50 millions de caractères !

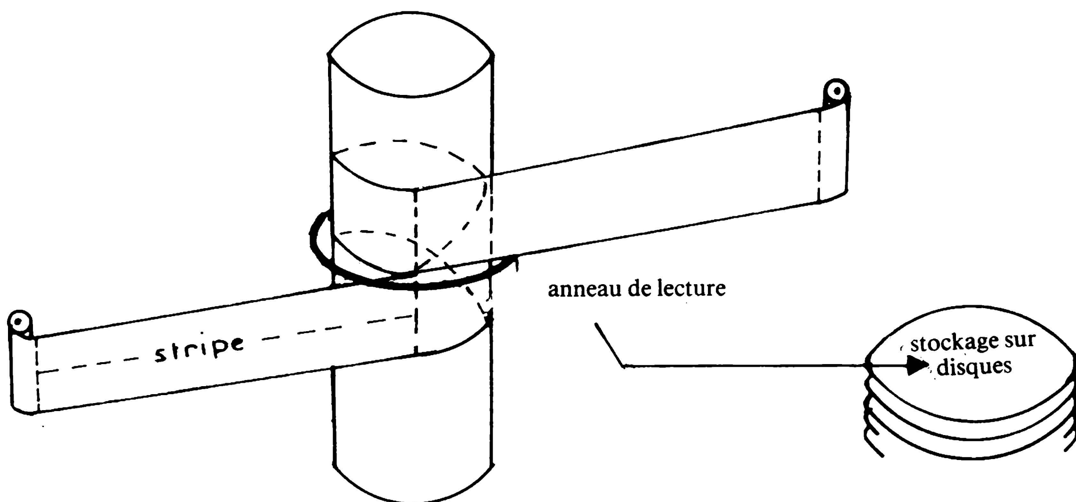


Figure 8.26 - Principe de lecture d'une cartouche magnétique.

TYPES de MÉMOIRE...		CAPACITÉS en MILLIONS d'OCTETS			VITESSES		COÛTS approximatifs de...		
		minimale	courante ou moyenne	maximale par « UNITÉ »	TEMPS MOYEN d'ACCÈS en MILLIsecondes	VITESSE de TRANSFERT en KILOCYCLES (1 000 octets/sec.)	Fabrication pour 1000 octets	LOCATION MENSUELLE minimale	LOCATION MENSUELLE courante
...CENTRALES	MAGNÉTIQUES TORES de Ferrite	0,008	de 0,128 à 2	16 (Record à 64)	Négligeable (Microseconde)	de 500 à 2000	> 500F	2000*	de 5000 à 50000
...CENTRALES	ÉLECTRONIQUES dites MONOLITHIQUES M.O.S.L.S.I. T.T.L. - E.C.L.				Négligeable 50 nanosecondes < 10 nanosecondes	de 2000 à 100000	< 100 F	1000 *	de 1000 à 10000
...ADRESSABLES ...à accès sélectif (ou Direct ou Aléatoire)	DISQUES magnétiques « Classiques » (UNE TÊTE L-E par FACE et DISPACKS amovibles)	5	100	600	de 25 à 80	de 100 à 1000	< 0,F10	< 1000	1500
	TAMBOURS magnétiques ou DISQUES à TÊTES L-E FIXES (Une par PISTE)	0,2	2	12	de 4 à 20	> 1000	5 F	1000	1500
	Mémoire de MASSE Feuillets ou Cartouches magnétiques	100	600	35000	de 200 à 10000	de 100 à 500	< 0,F01	2000	5000
...SÉQUENTIELLES BANDES magnétiques	LENTES ≈ 40 i.p.s. 556 ou 800 b.p.i.	2 Non bloqué	8 GAP = 50%	16	12	de 20 à 40	0,01	500	800
	RAPIDES ≈ 120 i.p.s. 800 ou 1600 b.p.i.	—	23 GAP = 50%	46	4	de 80 à 200	0,005	1500	2000
	HYPER TAPES ≃ 200 i.p.s 6250 b.p.i.	—	90 GAP = 50%	180	1	1200 !	0,001	3000	4000

Figure 8.27 — CARACTÉRISTIQUES DES PRINCIPAUX TYPES DE MÉMOIRE

* Unité centrale COMPLETE

Eléments de corrigé

La figure 8.27 résume sous forme d'un tableau les principales caractéristiques des mémoires d'ordinateurs. Il appelle quelques commentaires :

— Colonnes VITESSES : Les vitesses de transfert correspondent au «*débit*» de la mémoire en lecture ou écriture, à partir du moment où la sélection du premier octet à lire est effectuée (positionnement de la tête de lecture ou vitesse synchrone atteinte);

— Colonnes COUTS : La première colonne n'a aucun intérêt commercial. Elle permet simplement d'apprécier les divers techniques de fabrication... La dernière colonne à droite donne des prix très approximatifs pour les capacités les plus couramment rencontrées;

— Rangées Bandes Magnétiques : Les signes i.p.s. et b.p.i. signifient respectivement inches per second et bits per inch et permettent de calculer la vitesse de transfert théorique des bandes (1 inch = 1 pouce = 2,53 cm). La formule GAP = 50 % signifie que la longueur de chaque bloc physique est identique à celle d'un espace arrêt-marche (ou GAP).

Enoncé 17

La gestion des fichiers - Rudiments de logiciel.

Eléments de corrigé

Il paraît nécessaire pour conclure ce chapitre sur les mémoires auxiliaires de revenir sur une des contraintes pratiques que présentent paradoxalement les hautes densités d'enregistrement atteintes aujourd'hui sur les bandes ou disques magnétiques.

Les enregistrements logiques habituellement réclamés pour les besoins de l'informatique de gestion (fichier de personnel, de stock, de fournisseur, etc...) ne représentent souvent qu'un nombre de caractères assez faible pour chaque article (une centaine environ). Aux densités actuellement rencontrées, notamment sur bande magnétique, un tel enregistrement unitaire n'occupera même pas un demi-millimètre linéaire de bande (et moins de trois sur disques). Or, les gaps inévitables sur bandes et très fréquents sur disques en cas de secteurs variables, dépassent un centimètre de longueur. Il faut donc regrouper les enregistrements (revoir énoncé 6). Mais cela complique considérablement la programmation en fournissant plusieurs dizaines d'enregistrements au lieu du seul article utile. D'autre part, tous les contrôles de parité que nous avons évoqués s'effectuent aussi par programme.

C'est pourquoi l'utilisation pratique des mémoires auxiliaires ne peut se faire que par l'intermédiaire d'un «sous-programme» dit de *Gestion des Entrées Sorties* ou I.O.C.S. (Input-Output Control System) qui s'occupe de tous ces «détails» et les rend *transparents* à l'utilisateur. Ecrit et fourni gratuitement par le constructeur, il n'a comme inconvénient que d'immobiliser beaucoup de place en mémoire centrale où il est stocké en permanence, généralement.

Enoncé 18

Nouvelles mémoires auxiliaires

Eléments de corrigé

D'actives recherches sont menées tendant à augmenter les capacités et réduire les coûts des disques magnétiques notamment grâce aux techniques dites à film mince. Des disques fixes de plus d'un milliard d'octects sont déjà annoncés (25000 bpi et 2000 tpi).

D'autres technologies sont activement explorées comme les mémoires cryogéniques travaillant à très basse température dans l'hélium liquide et utilisant l'effet Josephson, les mémoires holographiques ou celles à faisceau d'électrons dites EBM (Electron Beam Memory).

Surtout, des mémoires «à propagation de domaines», dites encore dynamiques ou à circulation, commencent à être commercialisées sous forme électronique ou magnétique.

Il s'agit des mémoires à *couplage de charge* dites CCD (Charge Coupled Devices) composées d'une succession de «registres à décalage» dans lesquels les bits se propagent sans cesse, se retrouvant périodiquement dans un «registre d'utilisation» (sortie et réinjection). Cette période est de 500 MICROsecondes (dans le modèle 464 de FAIRCHILD de 64 K bits).

Les mémoires à *bulles magnétiques* s'inspirent d'un procédé analogue déplaçant des domaines magnétiques de 5 microns (les bulles) revenant périodiquement à un « site de transfert » où elles peuvent être sorties, réinjectées ou effacées. Le cycle de base est de l'ordre de 5 millisecondes mais pour des capacités de l'ordre de 1 à 4 millions de bits (INTEL IM 7114 et TEXAS TIB 1000).

Ces nouvelles mémoires apparaissent donc comme intermédiaires entre les mémoires centrales et les disques dont elles devraient rapidement concurrencer les modèles de bas de gamme (disques souples en particulier).

Il est également beaucoup question de l'avènement de mémoire à disque optique, sous le nom de « vidéodisque ».

Deux risques de confusions importantes sont à signaler à ce sujet :

1°) Le vidéodisque est destiné à la mémorisation des images et serait donc plutôt un concurrent futur des vidéocassettes ;

2°) C'est sa version ***numérique*** qui peut intéresser l'informatique et pourrait remplacer les disques magnétiques avec une densité dix fois plus forte (1 milliard de bits sur chaque face). Toutefois, les enregistrements se font par microperforations par rayon laser et le disque ***n'est pas effaçable.*** Il s'agit donc d'un remplaçant potentiel de mémoires mortes ou de microfiches, très intéressant pour tous les problèmes de sauvegarde, d'archives ou de recherche documentaire mais ***ne nécessitant pas de mise à jour.***

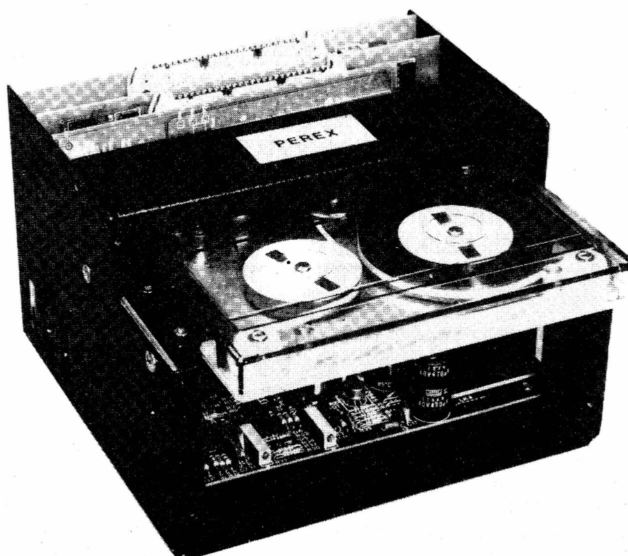


Figure 8.19 - STREAMER

9 Programmation et fonctionnement de l'unité centrale

La description de l'unité centrale effectuée au chapitre 5 ne pouvait être plus approfondie sans faire intervenir le fonctionnement de ses divers composants. Or, celui-ci dépend directement du déroulement du programme. Il faut donc d'abord éclaircir cette notion.

Enoncé 1

Qu'est-ce qu'un programme d'ordinateur ?

Eléments de corrigé

Le mot programme a un sens *général* qui n'est pas très éloigné de celui qu'il possède en informatique. Il décrit un *ensemble d'actions* ou d'opérations qui doivent se dérouler dans un *certain ordre* et se répéter un certain nombre de fois avec quelques alternatives bien souvent. Par exemple, un programme scolaire décrit les différents chapitres des diverses matières à étudier pendant une année en prévoyant des options pour les langues vivantes ou des activités masculines ou féminines. Ce programme se déroulera de la même façon plusieurs années de suite.

Un programme de music-hall décrit l'ordre de passage des divers artistes en prévoyant des remplaçants pour certains jours et se répétera plusieurs dizaines de soirées.

Sur ordinateur, le programme a le même rôle. Il *décrit* toutes les opérations à exécuter pour un traitement donné (établissement d'une facture par exemple) en prescrivant leur enchaînement rigoureux et en prévoyant tous les cas *particuliers* : taux de T.V.A. différents, calcul d'une remise au-delà d'un certain montant, etc... C'est le *même programme* qui se *répétera* pour toutes les factures successives jusqu'à épuisement des commandes. On dit qu'il est *itératif.*

Les différences existant entre les deux types de programme tiennent uniquement à ce que les premiers s'adressent à des êtres pensants qui peuvent interpréter et compléter des ordres approximatifs alors que vis-à-vis de la machine, il faut être d'une précision « caricaturale »; aucune initiative ou déduction n'étant à espérer de sa part... heureusement. Il faut à cet égard souligner combien le terme de cerveau électronique est trompeur voire dangereux; il n'existe pas encore de machines pensantes.

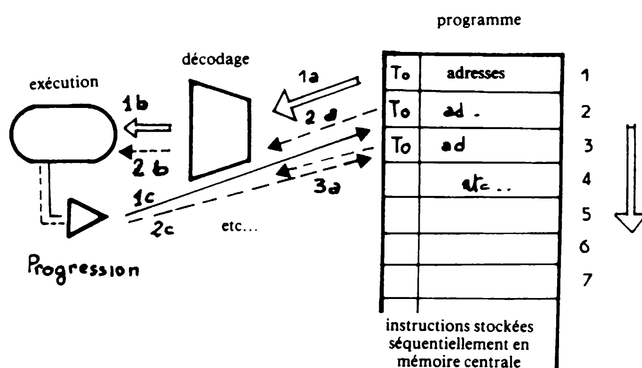


Figure 9.1 - Principe de déroulement d'un programme séquentiel.

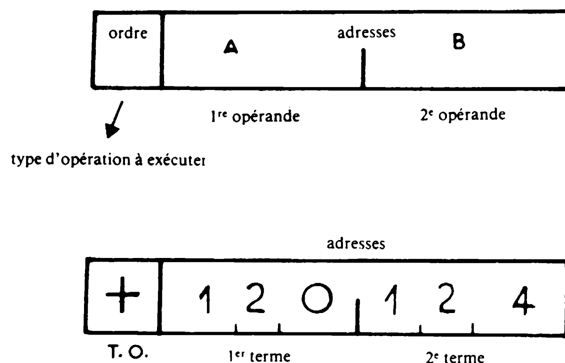


Figure 9.2 - Composition d'une instruction (à 2 adresse) avec un exemple d'addition du contenu de la zone de mémoire d'adresse 120 au contenu de celle d'adresse 124.

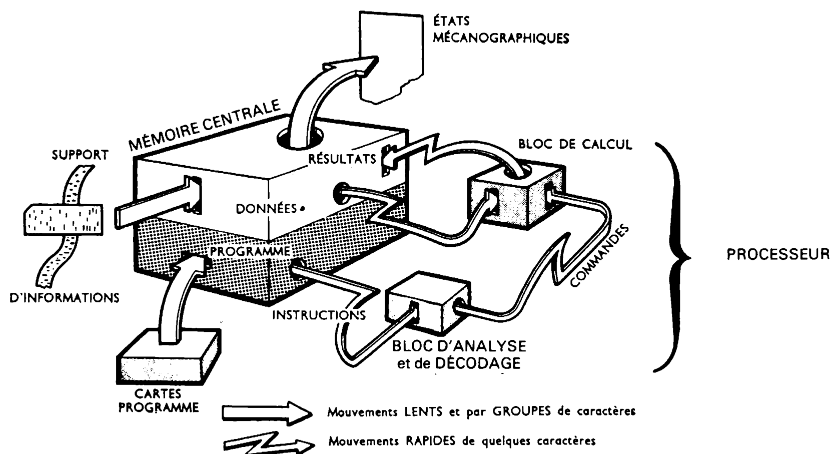


Figure 9.3 - Principe de fonctionnement de l'unité centrale d'un ordinateur.

Enoncé 2

Composition d'un programme d'ordinateur.

Eléments de corrigé

Donc, un programme va préciser à la machine tout ce qu'elle doit faire; il lui « donne ses instructions ». C'est précisément ce mot « instruction » que nous utiliserons pour désigner chaque ordre successif à exécuter.

Un programme informatique est composé d'une suite d'*instructions rangées dans la mémoire centrale* de l'ordinateur et qui seront exécutées scrupuleusement *selon leur ordre de stockage.* On dit que la programmation est *séquentielle* (Figure 9.1).

Chaque instruction comprend deux parties : *l'ordre* proprement dit (lire une carte, faire une addition, une soustraction, remettre à zéro tel compteur, etc...) et des précisions relatives aux localisations des informations à traiter. Il ne suffit pas de prescrire d'exécuter une addition par exemple, il faut encore préciser quels en sont les termes en fournissant *leur adresse de rangement* dans la mémoire centrale.

Une instruction comprend donc (Figure 9.2) :

— un ordre appelé « code fonction », « code opération » ou surtout TYPE d'OPÉRATION (T.O.) ou encore OPÉRATEUR ;
— une ou plusieurs ADRESSES d'« opérandes ».

Enoncé 3

Combien une instruction comporte-t-elle d'adresses ?

Eléments de corrigé

Il peut paraître curieux d'avoir à poser cette question. Il semblerait normal que pour toute instruction, arithmétique tout au moins, il faille disposer de trois adresses : celles des deux nombres à conjuguer et une troisième pour savoir où ranger le résultat.

Soulignons tout de suite que cela est extrêmement rare. La quasi-totalité des ordinateurs en service n'utilisent que des instructions à deux adresses, A et B, pour des raisons d'économie de fabrication. Le résultat apparaît donc *à la place* d'un des deux opérandes qui est détruit; soit le premier contenu à l'adresse A *ou* le second indiqué en adresse B, *selon le type d'ordinateur.* C'est une des premières contraintes que nous rencontrerons au sujet des règles de programmation qui sont *spécifiques à chaque machine.*

Certains miniordinateurs vont même jusqu'à n'accepter qu'une seule adresse, l'autre étant sous-entendue et immuable. C'est celle d'un *registre* particulier dans lequel doit se trouver, préalablement enregistré, un des opérandes et où se formera ensuite le résultat de l'opération arithmétique. Ce registre est souvent désigné sous les noms de mémoire-opérateur ou *accumulateur.*

Enoncé 4

Déroulement d'un programme.

Eléments de corrigé

Une fois le programme stocké en mémoire centrale, à partir de cartes perforées introduites par le lecteur généralement, la première instruction va être *chargée* dans les « circuits de décodage » du processeur (Figure 9.3).

Le code binaire du « type d'opération » y est interprété et déclenche la mise en œuvre soit d'un élément périphérique soit de l'unité arithmétique et logique (U.A.L. ou plus simplement « circuits de calcul ») en rapport étroit avec la signification codique du T.O.

rang des instructions
correspondant aux adresses
de leur « mot de stockage »

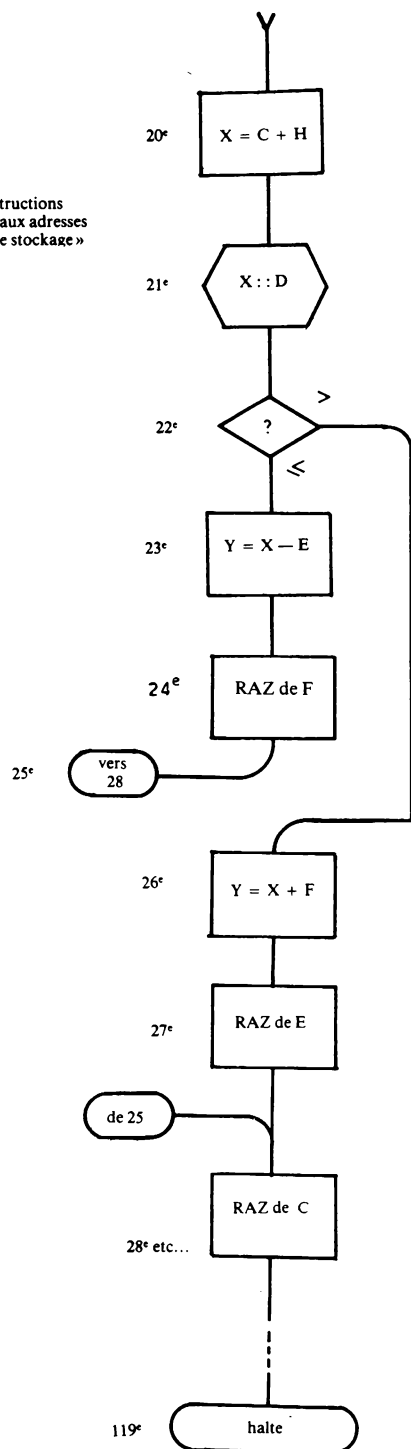


Figure 9.4 - Extrait d'un Algorigramme programmé sur machine à mots.

LEGENDE

- Opération arithmétique
- Préparation d'un test
- Test
- Renvoi
- : : Comparaison

Les adresses vont également être décodées et faire parvenir les contenus des zones de mémoire ainsi sélectées vers les registres de calcul d'où elles seront traitées.

Le résultat est renvoyé en mémoire centrale. Puis le processeur charge l'instruction suivante; et ainsi de suite.

Enoncé 5

Quels sont les organes spécifiques du processeur ?

Eléments de corrigé

Pour déchiffrer et faire exécuter les opérations prescrites par le programme, le processeur dispose de « circuits de décodage », de registres de stockage et de circuits de calcul. On distingue notamment :

— le Registre d'instruction,
— la « pyramide[1] de décodage » du type d'opération,
— les pyramides de décodage des adresses,
— les deux registres pour les opérandes A et B,
— le circuit de calcul et l'accumulateur,
— le compteur ordinal qui compte les instructions séquentiellement,
— des indicateurs divers constitués de registres d'une ou deux positions binaires seulement et suffisants pour signaler le résultat d'une comparaison (trois cas possibles), le signe d'un calcul, un dépassement de capacité, une interruption extérieure, etc...

D'autres registres de calcul, d'index, de base, d'adressage indirect, etc... ou de véritables « mémoires mortes » (R.O.M. Read Only Memory) peuvent compléter le processeur et jouent des rôles bien particuliers que nous étudierons plus loin (voir énoncé 10).

Le fonctionnement de cet ensemble est assez complexe. Nous allons en étudier les *principes* sur un exemple simple supposé se dérouler sur deux ordinateurs à deux adresses, l'un ayant sa mémoire organisée sous forme de mots, l'autre présentant toutes ses positions (octets) adressables individuellement (revoir chapitre 5). La mémoire est supposée à tores de ferrite mais l'exemple reste INTÉGRALEMENT VALABLE avec n'importe quelle technologie, R.A.M. électronique, notamment.

Le premier type se rencontre sur des ordinateurs de petite taille ou à vocation scientifique, le second sur les « machines de gestion » et est nettement plus répandu.

Enoncé 6

Exemple de stockage d'un programme sur un ordinateur à « mémoire à mots ».

Eléments de corrigé

Le programme dont nous allons suivre le déroulement peut se schématiser sous forme d'un « algorigramme » ou ordinogramme de programmation (Figure 9.4). Il est incomplet car nous avons voulu éliminer les opérations par trop spécifiques ou complexes nécessitées par tout début de programme (initialisations, lecture d'un support d'information, etc...).

Nous partons donc de la 20e instruction du programme.

Lorsque la mémoire est divisée en mots, chaque instruction a toujours une *longueur fixe et « tient » dans un mot de mémoire.* Son rang *se confond* alors avec l'adresse du mot qui la contient en supposant que le programme débute à l'origine de la mémoire (ce qui est rare mais ne ferait que décaler toutes les adresses).

Nous imaginerons des mots de sept « positions » de six bits (soit 42 tores + un de parité) une position servant à l'enregistrement du T.O. (code binaire à six bits) et les six autres à l'indication des deux adresses en décimal codé binaire... pour simplifier[2]. Nous simplifierons encore en admettant que le type d'opération

---

(1) Le terme de pyramide rappelle que les codes binaires sont interprétés par une cascade de circuits logiques que nous estimons inutiles d'approfondir.

(2) En pratique c'est le binaire « pur » qui serait utilisé par les circuits et sa présentation externe se ferait en octal à raison de deux chiffres pour six bits.

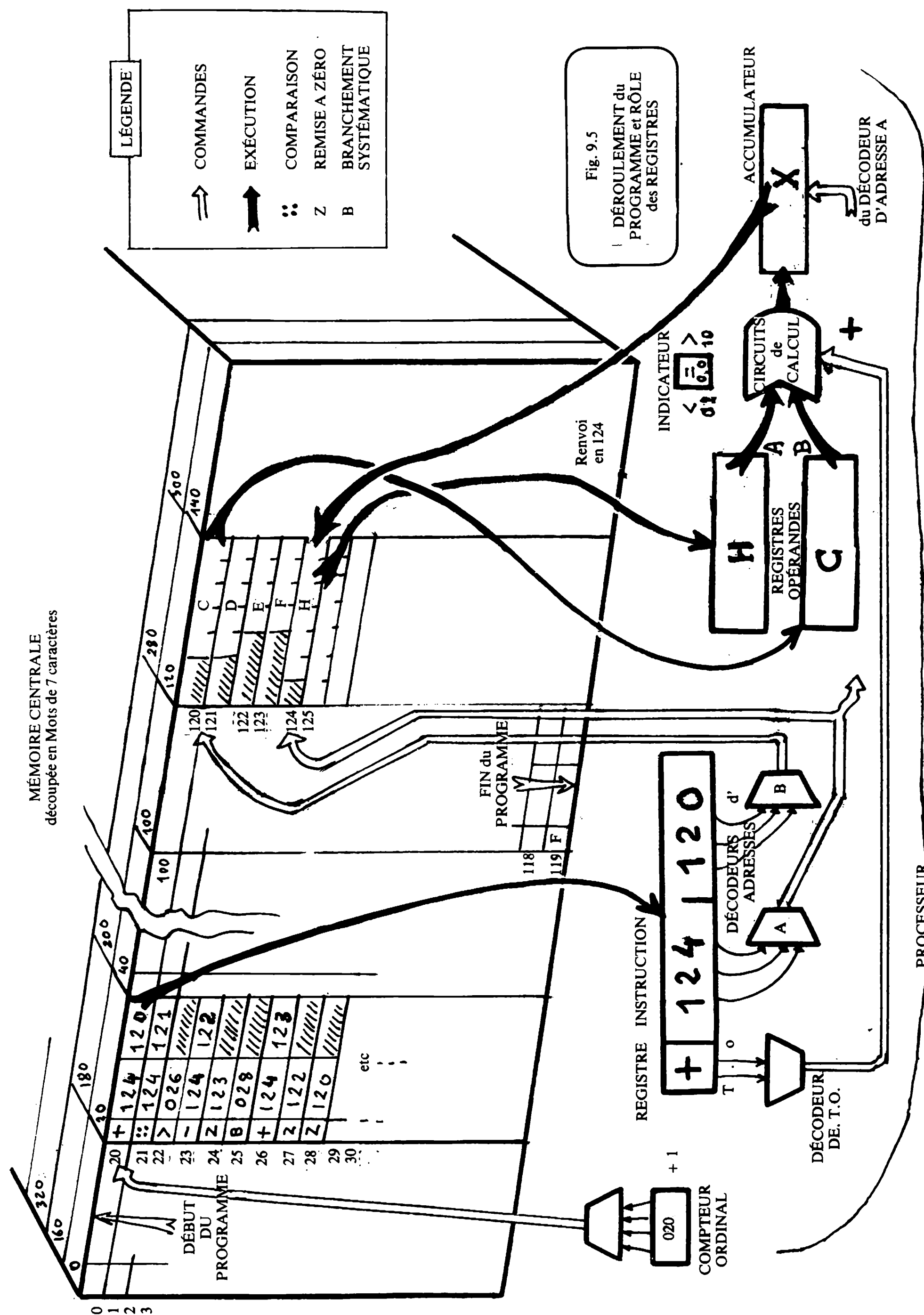


Fig. 9.5
DÉROULEMENT du PROGRAMME et RÔLE des REGISTRES

(T.O.) est mnémonique, c'est-à-dire que la traduction externe du code binaire de chacun d'eux se traduit par le signe arithmétique habituel. C'est très rare et au contraire, souvent les symboles utilisés sont très mystérieux (#, ◊ , @ ! ou lettres quelconques).

Le programme se trouve donc stocké en mémoire dans des mots successifs comme le suggère la Figure 9.5. Les zones réservées aux données occupent les mémoires faisant suite au programme dont la fin est repérée **par un T.O. spécial.** la première adresse de mot contenant une donnée est ainsi l'adresse N° 120.

Enoncé 7

Déroulement du programme pris en exemple.

Eléments de corrigé

Il faut d'abord souligner le rôle déterminant joué par le *compteur ordinal* qui assure pratiquement le déroulement séquentiel du programme.

Si nous considérons le programme à partir de la 20e instruction le compteur ordinal indique 20 par définition, car il *progresse d'une unité à chaque changement d'instruction.*

L'instruction va se dérouler en deux phases :
— son chargement,
— son exécution.

Lors du chargement, l'adresse contenue dans le compteur ordinal est décodée pour mettre sous tension le « fil de mot » (revoir énoncés 19 et 20, chapitre 5) permettant d'envoyer vers le *registre d'instruction* R.I. le contenu du mot d'adresse correspondant -20 - dans notre exemple.

Le contenu du R.I. va, à son tour, être décodé. Le T.O. provoquera la mise en condition du circuit de calcul pour lui faire exécuter une addition. Les deux adresses, après décodage, permettront de sélecter les deux « fils de mots » envoyant vers les registres A et B les contenus des mémoires 120 et 124.

L'exécution de l'instruction peut alors commencer. Les valeurs contenues dans les registres A et B sont additionnés par les circuits de calcul et le résultat apparaît dans un troisième registre dit accumulateur. Quand l'opération est terminée, le contenu de l'accumulateur (1) est *systématiquement renvoyé* vers le mot de mémoire d'adresse A et le compteur *ordinal progresse* d'une unité. (20 + 1 = 21).

Le cycle recommence pour l'instruction suivante stockée en 21.

Enoncé 8

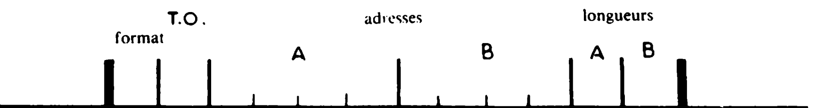
Cas particuliers des instructions de branchement.

Eléments de corrigé

La 22e instruction de notre exemple est très particulière. Son T.O. demande en effet au processeur de *consulter* le « Registre indicateur de résultat de comparaison » (la dernière effectuée par la machine). Si celui-ci signale « plus grand » (par exemple sous forme du nombre binaire 10), le contenu de la partie A registre d'instruction (26) est *envoyé dans le compteur ordinal* à la place du 22 qu'il contient : la prochaine instruction à exécuter sera donc celle contenue dans le mot de mémoire 26.

---

(1) Rappelons qu'il ne s'agit ici que des principes de fonctionnement, les variantes à tous ces égards sont aussi nombreuses que les types d'ordinateurs.



Légende des codes formats :
1. t.o. seul = 2 octets
2. t.o. + adresse de débranchement = 6 octets
3. t.o. + adresse + longueur = 7 octets
4. t.o. + 2 adresses + 2 longueurs = 12 octets

Figure 9.6 - Instruction sur machine à caractères s'étendant sur 2 à 12 octets au maximum d'où la nécessité d'un code format.

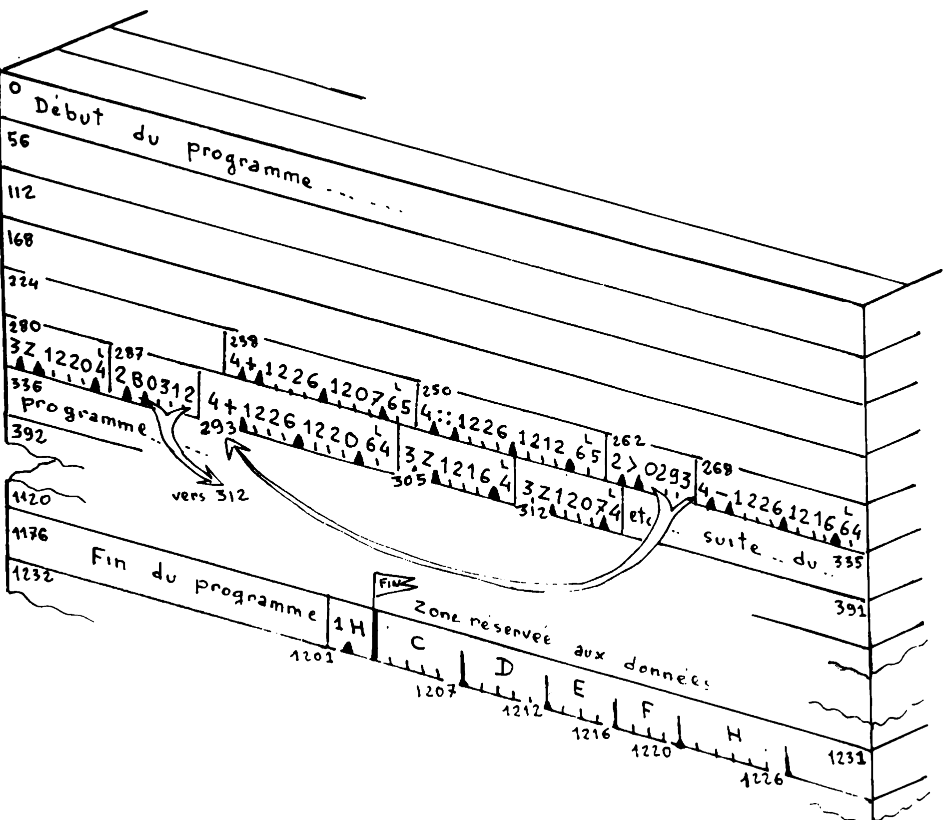


Figure 9.7 - Stockage des instructions sur une machine ADRESSABLE par CARACTÈRE (même programme qu'en Figure 9.4 et 9.5)

Au contraire, si le résultat n'était pas « plus grand » ou 10 (01 pour plus petit, 00 pour égal) rien ne se passerait sinon que le compteur ordinal progresserait d'une unité. La 23ᵉ instruction s'exécuterait alors normalement.

On voit donc qu'il est très facile de modifier le déroulement séquentiel d'un programme à condition de savoir où l'on doit sauter : c'est-à-dire de connaître l'adresse de stockage de l' *instruction de renvoi*... ; ce qui n'est pas toujours évident malgré l'intérêt de l'algorigramme en la matière.

Enoncé 9

Exemple de programme sur ordinateur à mémoire adressable par caractère.

Eléments de corrigé

Ce type de mémoire de plus en plus répandu abandonne la notion de mots de capacité rigide et permet d'éviter toute perte de place ou dédoublement d'opérations.

En effet, avec les mots de sept positions, les opérandes de quatre ou cinq caractères, laissaient des positions de mémoire inoccupées de même que les instructions à une seule adresse. Inversement, lorsqu'une information dépassait la capacité d'un mot (un nom de 14 lettres par exemple), il fallait en utiliser deux ou plus et autant d'instructions supplémentaires.

Pour ces raisons essentiellement, les machines à caractères (à 6 bits d'abord puis à octets) ont été rapidement proposées et remplacent progressivement la majorité des machines à mots.

Dans ces machines, le stockage des programmes est très différent.

Aucun découpage rigide n'étant plus imposé, les instructions sont désormais de *longueur variable.* Le gain de place est toutefois limité par l'obligation d'indiquer cette longueur sous la forme d'un code supplémentaire dit *code format*, placé devant le T.O. et pouvant prendre au moins quatre valeurs (Figure 9.6).

D'autre part, les données ou opérandes se suivent désormais sans aucune perte de place mais leur adressage ne peut plus intéresser qu'une seule position de mémoire et leur *longueur doit être indiquée* dans les instructions de programme.

Les complications sont donc sérieuses et on peut s'interroger sur les économies réelles de place obtenues. *Mais il y a plus grave pour les opérations de branchement. En effet, dans une machine à mots, en cas de saut d'un nombre d'instructions connues, l'adresse de renvoi se trouvait de façon simpliste, en ajoutant à l'adresse de départ le nombre d'instructions et donc de* ***mots à sauter****. Pour une machine à caractères, il faut d'abord déterminer* ***la longueur variable de chaque instruction sautée*** *puis les additionner entre elles pour trouver l'adresse du code format de l'instruction de renvoi désirée.*

Ce travail risqué et fastidieux devient démentiel si le nombre d'instructions s'évalue par centaines.

La figure 9.7 résume toutes ces complications. L'exemple reste identique dans son principe à celui de la figure 9.5 sauf que la numération des adresses des caractères se fait horizontalement de gauche à droite puis de haut en bas alors que c'était l'inverse pour la numérotation des mots de mémoire. Cette nouvelle présentation était inévitable, la numérotation verticale ne pouvant se concevoir qu'avec des mots de longueur fixe. De toute façon, ces nuances de numérotation horizontale ou verticale n'ont de signification que pour nos ***exemples didactiques,*** *le système d'adressage réel étant beaucoup plus complexe (revoir figure 5.18).*

Les longueurs indiquées par un seul caractère risqueraient de paraître insuffisantes pour définir des zones de plus de dix positions (alphabétiques notamment) mais il s'agit généralement d'octet à 8 bits permettant d'aller jusqu'à 99 (en D.C.B. packé) voire 256 en binaire pur.

L'adresse de renvoi de la 3ᵉ (ou 22ᵉ) instruction, 293, a dû être ***calculée*** *de façon élémentaire en comptant le nombre de caractère occupés par les trois instructions à sauter (12 + 7 + 6 = 25 à ajouter à l'adresse de la position suivante, 268, code format de la 4ᵉ instruction).*

Evidemment, le fonctionnement du compteur ordinal, le chargement des registres et leur décodage s'en trouvent sérieusement compliqués (décodage en série, caractère par caractère et non plus en parallèle pour les 7 positions d'un mot).

La conclusion pratique de ces développements se devine aisément. Il était très difficile et aléatoire d'écrire un programme en langage-machine sur les ordinateurs dotés de mémoires adressables par caractère ! Ce n'est pas un hasard si des modes d'écriture simplifiée dits « langages de programmation symboliques » ont été lancés simultanément à ces matériels (voir 2ème partie...).

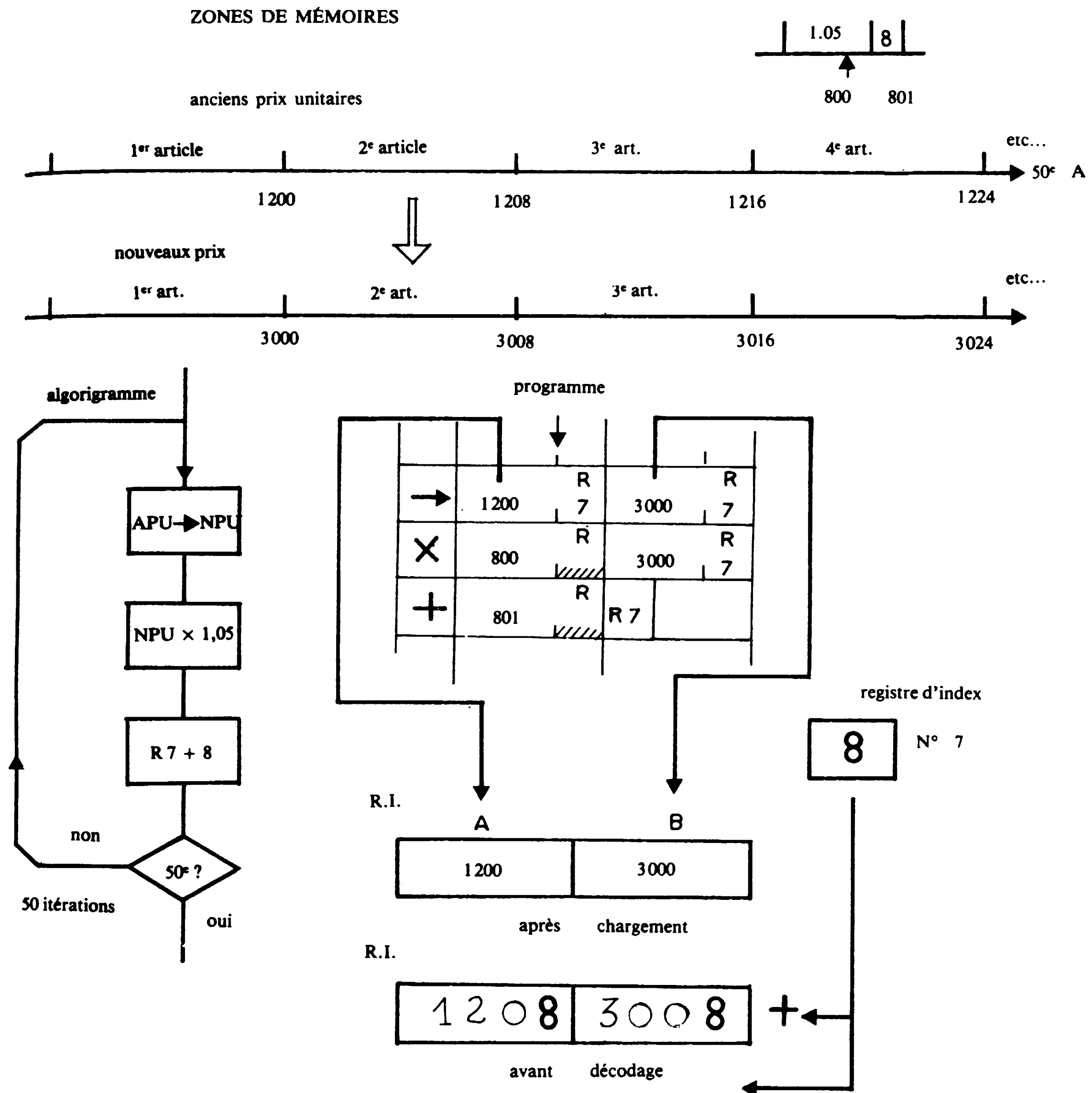


Figure 9.8 - Exemple d'adresses indexées (ou indicées) dans une machine à octets lors de la 2e itération. (→ signifie mouvement ou transfert et × multiplication).

Enoncé 10

Nouvelles complications de la programmation.

Eléments de corrigé

Les progrès incessants en matière de technologie électronique ont fait que les registres de mémoire sont devenus de plus en plus rapides et surtout de moins en moins coûteux. On a donc assisté à une prolifération de registres plus ou moins spécialisés autour de la demi-douzaine indispensable évoquée ci-dessus.

On peut distinguer notamment :

— *les registres d'index*
— *les registres généraux*
— *les registres de base*
— *les registres d'état (du programme) etc...*

Les ***registres d'index*** *ont un rôle capital dans les recherches en mémoire. Ils contiennent une valeur (toujours positive) qui est* ***ajoutée*** *systématiquement à celle de* ***l'adresse ainsi indexée*** *juste* ***avant l'exécution*** *de l'instruction (dans le registre A ou B). Le programme initial reste donc* ***intact*** *alors qu'en modifiant le contenu de l'index on peut faire varier l'adresse exécutée.*

La Figure 9.8 donne un exemple de l'intérêt des registres d'index. Elle représente les principes de programmation de majoration d'un barème de 50 prix unitaires stockés en mémoire centrale... On désirait les recopier dans une autre partie de la mémoire après les avoir majorés de 5 % (multipliés par 1,05).

Il s'agit d'une machine à CARACTÈRES mais la longueur des zones n'est pas indiquée. Un emplacement est prévu, à droite de chaque adresse pour l'indication éventuelle d'un numéro de registre d'index (très variable selon les matériels). Les résultats se forment en adresse B.

Les registres de base *ont un peu le même rôle mais systématisé pour tout un programme en cas de travail en multiprogrammation (voir énoncé 15).*

Les registres généraux *sont de véritables mémoires très rapides mises à la disposition du programmeur pour éviter des allers et retours trop fréquents à la mémoire centrale. Ils travaillent souvent en binaire pur avec les circuits de calcul et ont comme autre avantage d'avoir une adresse très courte (4 bits seulement) vu leur petit nombre.*

Les registres d'état *permettent de stocker l'état de nombreux autres registres (compteur ordinal, indicateur de comparaison etc...) lors de l'interruption d'un programme toujours en multiprogrammation.*

Tous ces registres sont accessibles par programme mais au prix de considérables complications de la programmation (voir énoncé 16).

Enoncé 11

Les principaux types d'opérations.

Eléments de corrigé

Le nombre de types d'opération disponible est toujours assez élevé : une cinquantaine au minimum. Ils « tiennent » toujours dans une seule position de mémoire qui représente 63 ou 255 combinaisons binaires.

Parfois le T.O. est complété par un code supplémentaire dit C.C. notamment lorsqu'il n'est qu'à six bits (63 combinaisons).

Les différents T.O. peuvent être regroupés en cinq familles :

— opérations arithmétiques
— opérations de mouvement de données
— opérations logiques
— opérations d'Entrées-Sorties
— opérations de servitudes...

1°) Les opérations *arithmétiques* permettent de faire fonctionner l'unité arithmétique et logique selon toutes les variantes classiques.

— Addition, Soustraction, Multiplication, Division
— Système de numération : binaire pur ou Décimal Codé Binaire
— Virgule fixe ou flottante.

2°) Les opérations de *mouvement* réalisent les déplacements de données à *l'intérieur de la mémoire centrale* toujours en transitant par les registres du processeur. Les variantes sont nombreuses selon l'organisation de la mémoire (machine à mots ou à octets). Ces opérations réalisent toujours des *mouvements de «copies* des données» en ce sens que la mémoire *émettrice conserve* l'information qui n'est que recopiée dans un registre puis dans la mémoire réceptrice, remise préalablement à zéro. Cette possibilité est indispensable à plusieurs titres. Tout d'abord pendant le chargement et le décodage d'un programme, elle *permet de conserver le programme* intact dans la mémoire. Ensuite, elle pallie l'inconvénient de l'absence d'une troisième adresse dans les opérations arithmétiques. Rappelons qu'un des deux opérandes est remplacé par le résultat après l'exécution d'une opération arithmétique. Si cet opérande devait être conservé, il faut le *recopier préalablement dans une autre zone* de mémoire grâce à une opération de mouvement.

3°) *Les opérations logiques* rassemblent en fait deux groupes de T.O.

Ceux qui permettent de modifier la *logique de déroulement* du programme. Ils comprennent les opérations de *comparaison et de tests* très nombreux et variés et les opérations de *branchement* qui exploitent les résultats de ces tests et aiguillent le programme vers *une autre instruction que la suivante.* L'intérêt de ces opérations est primordial. Ce sont elles qui permettent d'écrire des programmes exhaustifs prévoyant tous les cas et toutes les opérations possibles malgré l'organisation séquentielle des instructions.

Il existe également des opérations logiques au sens mathématique du terme (relations ET, OU etc;) mais d'un usage plus restreint en informatique de gestion.

4°) Les opérations d'ENTRÉE-SORTIE mettent en œuvre les éléments périphériques connectés qui, rappelons-le, ne fonctionnent que sous le contrôle du programme en cours d'exécution dans l'unité centrale.

Sur les ordinateurs de deuxième génération ou sur les mini-ordinateurs actuels, le nombre de périphériques à contrôler est très réduit et des ordres spécifiques à chaque élément permettent de les mettre en œuvre.

Par exemple, un T.O. demandera la lecture d'une carte en précisant le lieu de *réception de l'« image-carte »* en mémoire centrale ou, au contraire, un autre T.O. provoquera l'impression d'une ligne d'état sur l'imprimante, à partir de son *image constituée préalablement* en mémoire, etc...

Sur les ordinateurs de troisième génération où la variété et la modularité des périphériques sont extrêmes, ce procédé élémentaire n'est plus concevable. Ces unités d'entrée-sortie (I.O.U., Input Output Units) sont reliées à l'unité centrale (C.P.U. Central Processor Unit) par l'intermédiaire de canaux (channels) étudiés ci-dessous (énoncé 17). Les précisions à fournir sont alors d'une telle complexité que l'organisation classique d'une instruction (T.O. et deux adresses) n'y suffirait pas. Le problème est résolu par une sorte d'*adressage indirect.* Il existe une instruction spéciale avec un type d'opération unique « départ d'Entrée-Sortie » (S.I.O. Start Input Output). C'est l'adresse indiquée dans cette instruction S.I.O. qui renvoie à une zone de mémoire où tous les détails relatifs au canal et à l'unité d'entrée-sortie intéressés peuvent être décrits sans restrictions. Ces zones de mémoire sont désignées sous le terme de *commande de canal* (C.C.W. Channel Command Word).

5°) Les opérations *de servitude* sont ainsi appelées parce qu'elles regroupent toutes les opérations nécessitées par la constitution des circuits de la machine et non par la logique du traitement. Elles sont très nombreuses notamment au niveau des périphériques mais généralement transparentes pour le programmeur qui n'écrit plus en langage-machine.

Nous n'en donnerons que deux exemples très symptomatiques.

Dans les machines à *octets,* il est possible de stocker dans une position de mémoire centrale *deux chiffres* décimaux codifiés en binaire (D.C.B. sur quatre bits). Par contre, la même astuce n'est pas possible pour les éléments périphériques sur lesquels une position d'imprimante ou une colonne de cartes ne peuvent contenir qu'un chiffre. Il existe donc une instruction spéciale dite PACK qui provoque cette condensation en mémoire centrale de deux « octets numériques » en un seul. Evidemment, un T.O. symétrique UNPACK permet le dégroupement inverse.

Un programme doit parfois être interrompu par un événement extérieur (canal signalant la fin d'une opération d'Entrée-Sortie par exemple). Des instructions dites *d'interruptions* permettent alors de sauvegarder dans des registres ou zone de mémoire, l'état du programme au moment de son abandon (P.S.W. Program Status Word).

Enoncé 12

La multiprogrammation : ses raisons d'être.

Eléments de corrigé

Tout ce qui précède admet comme principe de base que l'unité centrale de l'ordinateur ne traite qu'un seul programme à la fois, ce qui a été la règle de tous les matériels de première et deuxième génération et est encore bien souvent appliqué en pratique, même si le matériel est conçu pour travailler « en multiprogrammation ». Pourquoi cette complication ?

La raison profonde est d'ordre technologique et tient au déséquilibre fondamental sur lequel est bâti l'ordinateur. L'unité centrale rassemble en effet tous les circuits « nobles » de la machine, ceux qui utilisent des technologies de pointe et fonctionnent de façon *statique,* sans aucun déplacement mécanique, à des vitesses extraordinaires. La plupart des instructions s'y déroulent en quelques *microsecondes,* voire nanosecondes.

Les éléments périphériques connectés ne peuvent éviter d'avoir une partie mécanique (sauf les écrans de télévision et encore...) Que ce soit pour faire avancer une carte, une bande, une feuille de papier ou faire tourner un disque ou un tambour, un appareillage *électromécanique* est indispensable. Sa vitesse de fonctionnement est freinée par la *force d'inertie* bien connue des dynamiciens et ne peut descendre en dessous de quelques MILLIsecondes ! Ce rapport de 1 à 10000 au minimum fait qu'une unité centrale passe le plus clair de son temps à *attendre* ses périphériques en cas de monoprogrammation.

Le potentiel de traitement de la C.P.U. est ainsi sous-employé de façon caricaturale souvent moins de 5 % ; ceci est vrai depuis vingt ans et ne fait qu'empirer.

A l'époque de l'apparition de la troisième génération vers 1963 un tel chômage de l'unité centrale apparaissait insupportable et d'un coût exorbitant. La seule façon de le réduire fut de faire traiter plusieurs programmes « simultanément » par la machine.

Aujourd'hui, la raison économique a presque disparu car les unités centrales « *pourraient* coûter moins cher » que la plupart de leurs périphériques (imprimante notamment) si elles ne travaillaient pas en multiprogrammation. Nous avons en effet souligné les baisses de prix spectaculaires réalisées dans le domaine des composants électroniques et le chômage de la C.P.U. n'a plus aujour'hui qu'un inconvénient très relatif.

Mais une mode a été lancée et des besoins nouveaux ont été créés (travail en temps réel, télétraitement, base de données, etc...). Un constructeur n'oserait pas, aujourd'hui, sortir un nouveau modèle ne travaillant pas en multiprogrammation.

Cette orientation comporte deux sortes de conséquences :

— sur le matériel proprement dit ;
— sur la contexture des instructions de programme.

Enoncé 13

Conséquences de la multiprogrammation sur la composition matérielle d'un ordinateur.

Eléments de corrigé

La conséquence la plus immédiate de cette nouvelle conception de la programmation a été la *multiplication du nombre des éléments* périphériques.

Cette lapalissade n'est pas suffisamment mise en lumière par les constructeurs. S'il est en effet facile d'imbriquer plusieurs programmes dans la mémoire centrale d'un ordinateur, on ne peut en faire autant des modèles d'états sur une imprimante ou des enregistrements de fichiers différents sur bandes magnétiques ou cartes perforées. C'est encore plus évident en cas de télétraitement (qui accompagne souvent la multiprogrammation) avec la dispersion des « postes ou consoles d'interrogation ».

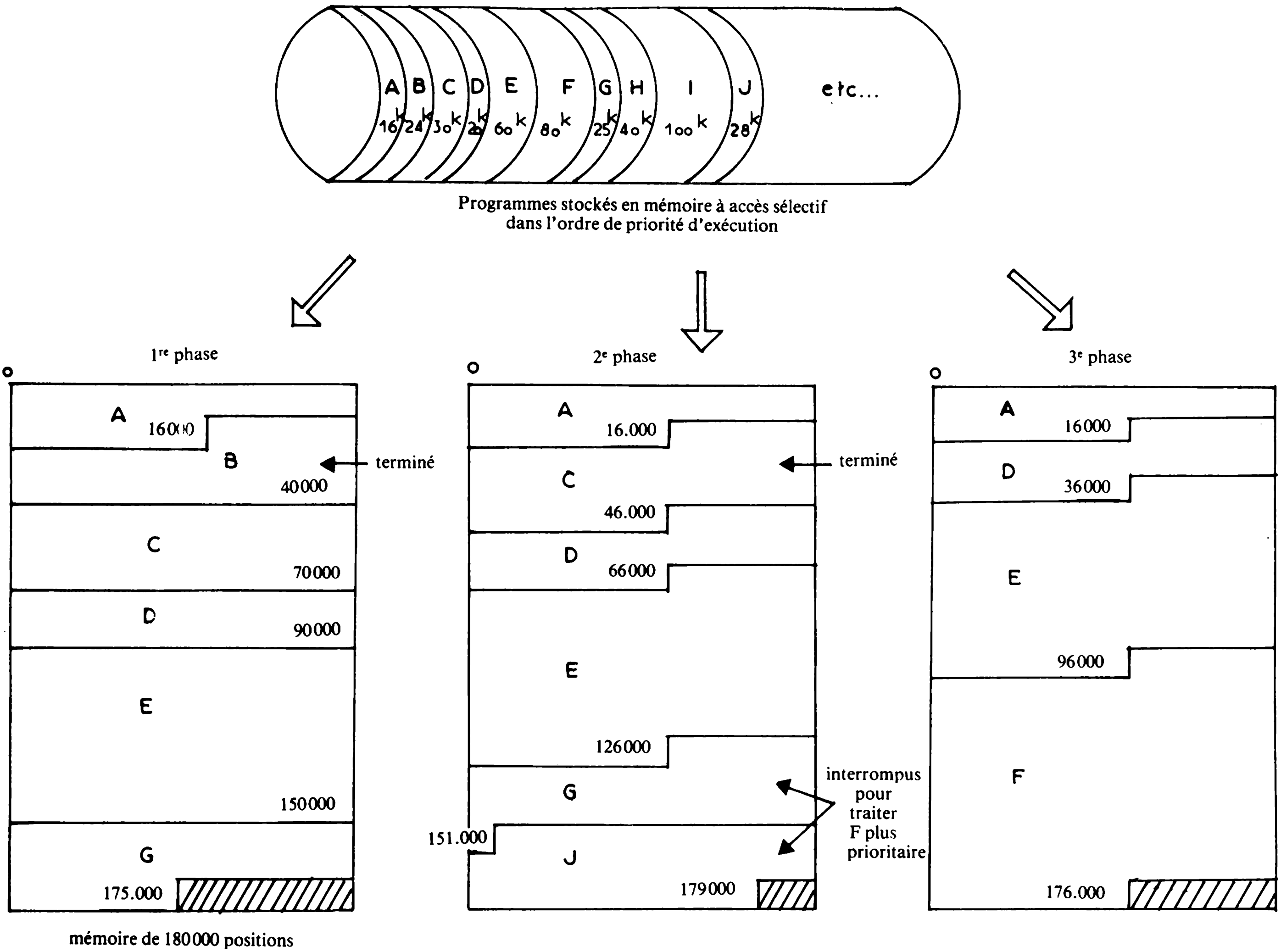


Figure 9.9 - Les « tassements » de programme en mémoire centrale en multiprogrammation.

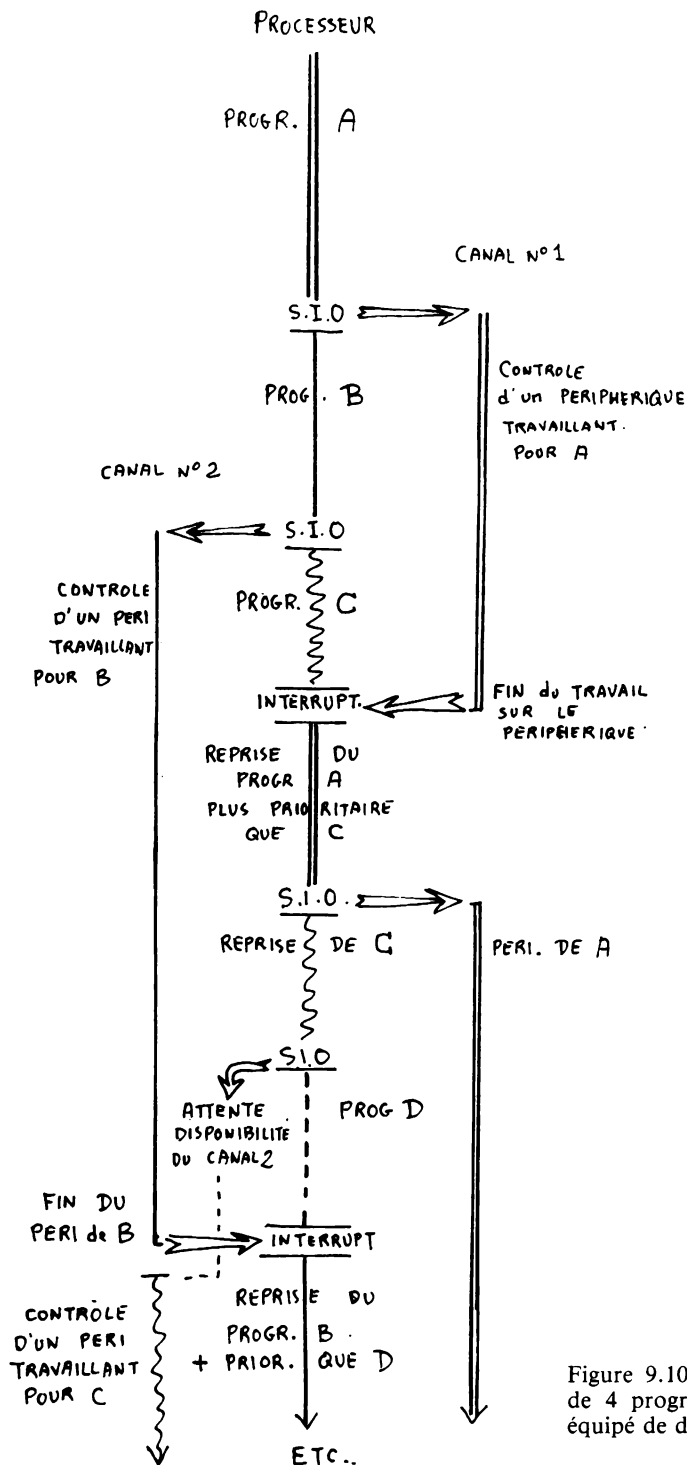


Figure 9.10 - Chronogramme du déroulement de 4 programmes en multi. sur un ordinateur équipé de deux canaux simples seulement.

La *généralisation* de l'emploi des *disques magnétiques* pour loger les programmes ou segments de programme en attente d'appel vers l'unité centrale ainsi que pour les fichiers, plus faciles à exploiter en accès sélectif, peut aussi être portée au crédit de la multiprogrammation».

Toutefois, la conséquence indirecte la plus typique est l'obligation d'avoir à *dissocier* la «gestion des périphériques» et les traitements internes à l'unité centrale. Cette gestion des nombreuses unités d'entrée-sortie ou de mémoire auxiliaire est désormais confiée à des «*processeurs spécialisés*» connus sous le nom peu évocateur de «canal» (channel). On dit aussi de plus en plus «unité d'échange» ou «processeur d'entrée-sortie» (voir énoncés 16 à 18).

Enoncé 14

Le déroulement des programmes multiples.

Eléments de corrigé

Ainsi donc, plusieurs programmes sont stockés à des endroits différents de la mémoire centrale. Chacun d'eux comporte, en plus et à la suite, une zone de données qui lui est réservée en fonction de ses besoins maxima et dans laquelle s'effectuera le «dialogue» avec ses périphériques. L'ensemble constitue ce que l'on appelle une ***partition*** *(de la mémoire) et chacun d'eux est affecté d'une* ***priorité.***

Le programme le plus prioritaire se déroule comme nous l'avons vu précédemment jusqu'au moment où l'on arrive sur une instruction d'entrée-sortie : S.I.O. Comme l'élément périphérique va demander quelques dizaines de millisecondes pour exécuter l'ordre prévu, le processeur peut passer à un autre programme, le deuxième par ordre de priorité jusqu'à buter à nouveau sur un nouveau S.I.O.

Bien entendu, cela n'est possible que parce que le ***canal prend le relais*** *en assurant le contrôle du fonctionnement du périphérique concerné. C'est lui d'ailleurs qui signalera à l'unité centrale* ***la fin de l'opération*** *d'entrée-sortie. Immédiatement, le processeur reprendra le programme prioritaire interrompu jusqu'à rencontrer un nouvel ordre d'entrée-sortie et ainsi de suite.*

Au moment de chaque interruption tous les «états» des divers indicateurs (comparaison, signe, etc...) et ***l'adresse de l'instruction*** *de reprise provenant du compteur ordinal ont été mémorisés dans un registre spécial d'une soixantaine de bits dit* ***«Mot d'Etat du Programme»*** *(P.S.W. Program Status Word).*

Le nombre d'interruptions et de P.S.W. limite le nombre de programmes traitables simultanément. Il est souvent supérieur à dix. Une autre limitation peut provenir du nombre limité de canaux (voir Figure 9.10).

Enoncé 15

Les deux types de multiprogrammation.

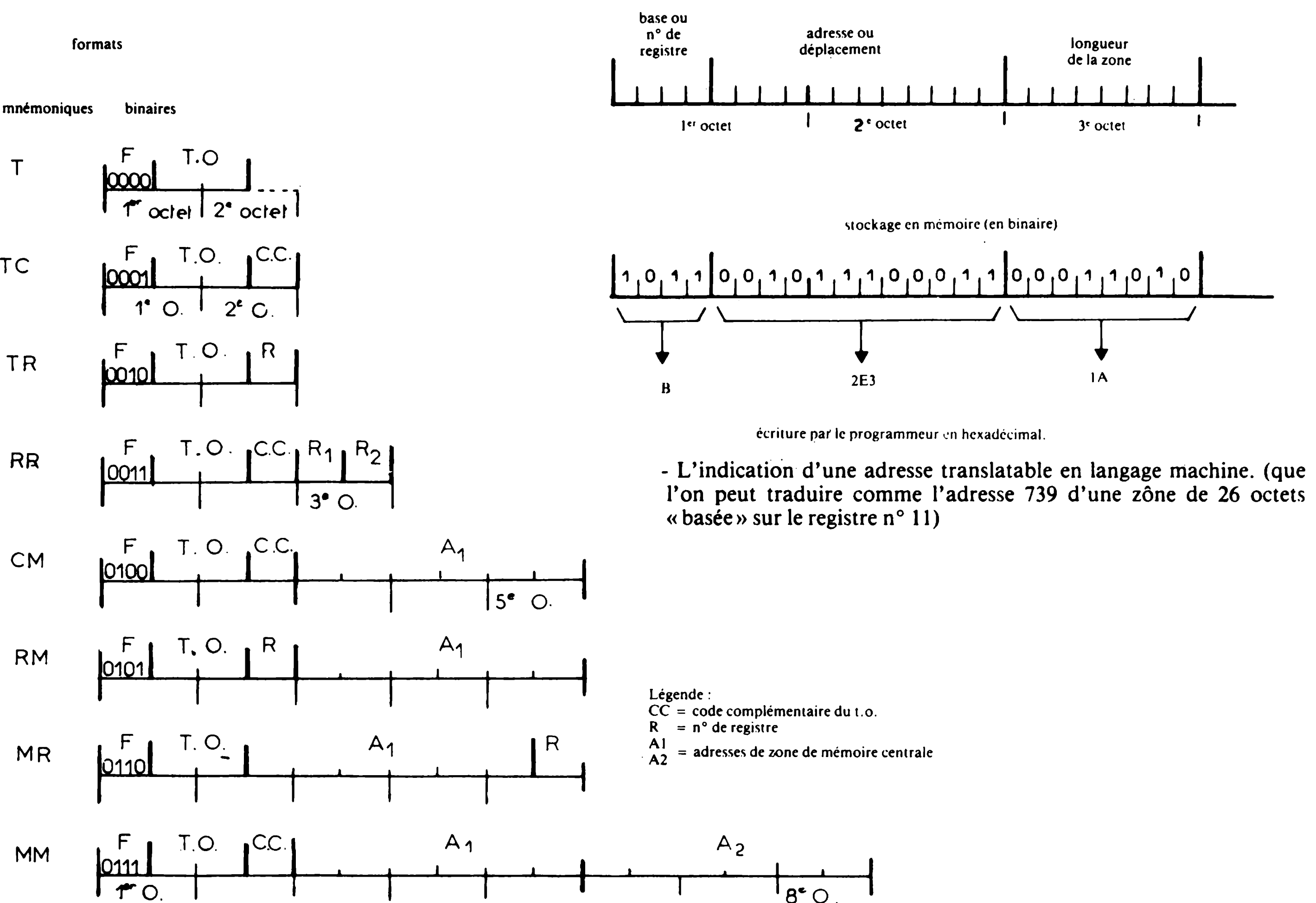
Eléments de corrigé

Si la mémoire centrale est découpée en partitions ***fixes,*** *le principe de déroulement des programmes tel que nous venons de le décrire est intégralement valable et les particularités de la programmation se limiteraient aux interruptions et aux appels aux canaux.*

Ceci existe quelquefois et porte le nom de système M.F.T. (Multiple Fixed Tasks).

Mais la multiprogrammation vraiment intéressante est plus sophistiquée et appelée dynamique ou M.V.T. (Multiple Variable Tasks). Les partitions y sont de grandeurs quelconques et ***perpétuellement*** *modifiées ce qui est inévitable. Un exemple va le démontrer (Figure 9.9).*

Supposons une mémoire centrale de 180000 positions chargée à l'origine de six «partitions de programme» appelés A, B, C, D, E et G, les lettres correspondant à leur niveau de priorité. A l'origine, ces programmes étaient stockés sur une mémoire auxiliaire à accès sélectif (tambour ou disque magnétiques). Il est à remarquer que le programme F nécessitant 80 K positions n'a pu être logé dans la mémoire alors que G, moins prioritaire mais moins volumineux a pu y être appelé.



Figures 9.11 - Les huits formats théoriquement possibles... et les complications de l'adressage (en haut à droite).

Les six programmes se déroulent ainsi «simultanément» pendant un certain temps interrompus par chaque appel à un canal (S.I.O.) et relancés par les signaux de fin d'opération d'entrée-sortie émis par les canaux en accord avec les règles de priorité.

Un des programmes va toucher à ***sa fin avant les autres****. A ce moment, la place qu'il libère en mémoire va être immédiatement réutilisée pour la recherche et l'appel du ou des programmes suivants.*

Admettons que ce soit le programme B dont la partition occupait 24000 positions. Même jointe à la partition G (25 K) la place libérée n'est pas suffisante pour appeler F (80 K) ni H ni I. Seul J avec ses 28 K peut convenir.

Les traitements vont donc repartir avec un nouvel ensemble de programmes A, C, D, E, G, J,... Le deuxième programme terminé est C qui libère 30 K. Si l'on tient compte des priorités, il faut essayer de traiter F mais pour cela il faudra interrompre G et J. Leurs P.S.W. respectifs permettront de les reprendre ultérieurement.

On jugera de la complexité de la multiprogrammation dynamique surtout si l'on fait intervenir l'état des canaux (voir énoncé 17) et la ***disponibilité effective*** *des éléments périphériques nécessaires.*

Tous ces mouvements sont assurés par un superprogramme dit Système d'Exploitation ou O.S. (Operating System) qui fait partie du software ou logiciel fourni par le constructeur (voir 2e partie).

Une conséquence fondamentale de tous ces mouvements est à souligner immédiatement : chaque changement de programme s'est accompagné d'un ***tassement*** *systématique des partitions en mémoire donc, avec des changements d'adresses systématiques.*

Enoncé 16

Conséquences de la multiprogrammation sur le contenu des instructions.

Eléments de corrigé

Avec les tassements systématiques évoqués ci-dessus, il n'est plus possible de donner une adresse précise de zones de données ou d'instructions de renvoi. On ne peut plus fournir que des adresses ***relatives appelées «déplacement»*** *par rapport à* ***l'origine de la partition*** *réservée. Cette adresse dite* ***«translattable» ou «basée»*** *sera systématiquement majorée du contenu d'un des registres de base affecté à la partition considérée.*

Le contenu de ce registre est modifié à chaque tassement.

Pour l'écriture des programmes c'est encore une nouvelle complication. Chaque adresse se compose désormais de deux indications : le déplacement et le numéro du registre de base (Figure 9.11).

Ces registres de base (ou d'autres que nous avons déjà évoqués) peuvent également ête modifiés par programme. En tenant compte de toutes ces particularités, une instruction de programme en langage machine moderne peut se présenter sous une dizaine de formes dont la Figure 9.11 donne un aperçu théorique.

Chaque forme (ou format) a reçu un nom mnémonique rappelé à gauche de la figure (en pratique c'est souvent un sigle anglo-saxon S.S. Storage-Storage au lieu de M.M. Mémoire à Mémoire par exemple).

Elle peut donc s'étendre sur deux, trois, cinq ou huit octets.

De nombreux constructeurs de machine à octet s'inspirent d'ailleurs de l'ancien découpage des mémoires en mot pour dire qu'une instruction tient dans un demi-mot (deux octets) un mot (quatre octets) ou un double mot (huit octets).

De plus, des «acrobaties» supplémentaires sont souvent utilisées pour gagner un peu de place. Par exemple les codes formats ou complémentaires sont «fondus» avec le T.O. ce qui rend ce dernier encore plus hermétique...

Enoncé 17

Les canaux ou processeurs d'Entrée-Sortie.

Figure 9.12 - Principe de fonctionnement d'un canal simple.

Eléments de corrigé

Les canaux sont de véritables ordinateurs ou « processeurs-adjoints » spécialisés dans la gestion des éléments périphériques d'entrées-sorties[1]. Comme le processeur principal, ils ont à décoder les adresses et des ordres stockées dans des zones de mémoire centrale dites C.C.W. ou *Mots de Commande de Canal.* Ces mots de commande de canal comportent pour chaque programme :

— un code de commande équivalent à un T.O. précisant l'élément périphérique intéressé et son mode d'utilisation (lecture, écriture, rebobinage, etc...) ;
— l'adresse de départ ou de destination, en mémoire centrale, de l'enregistrement à lire ou à écrire ;
— sa longueur en nombre d'octets (jusqu'à 65. 535 = 2^{16}) ;
— et un certain nombre de « tests binaires » appelés « flags ».

Le canal possède donc des *registres* de stockage des différentes parties du C.C.W., des circuits de *décodage* et même des *compteurs* pour suivre le nombre d'octets transférés ou effectuer des contrôles (de parité par exemple).

Il peut dialoguer avec le processeur central dont il interrompt le programme en cours dès qu'il veut lui transmettre un message. Ce dernier est enregistré dans une zone de mémoire spéciale dite Mot d'Etat du Canal (C.S.W. Channel Status Word).

De nombreuses variantes existent sur les divers types d'ordinateurs. Notamment le nombre de registres est très varié... ils peuvent être regroupés en sous-canaux s'occupant alors de plusieurs opérations d'E.S. simultanément. Il peut aussi exister des mémoires-tampons ou « buffers » plus ou moins capacitaires.

Toutefois chez la plupart des constructeurs on rencontre deux types de canaux aux rôles très différenciés :

— un canal multiplexeur ;
— un ou plusieurs canaux rapides.

Enoncé 18

Les canaux rapides (ou simples ou sélecteurs).

Eléments de corrigé

Le nom de ces canaux vient évidemment de leur *débit qui est très* élevé : près d'un million d'octets par seconde, une fois que les ordres ont été décryptés et *l'enregistrement repéré* sur le périphérique (par exemple, après la phase de franchissement du gap sur une bande magnétique). Il a aussi une autre signification très logique : ce type de canal est réservé à la liaison avec les éléments périphériques rapides : bandes ou disques magnétiques essentiellement dont les vitesses de lecture approchent le débit du canal.

Il s'ensuit qu'un canal rapide ne fait que « contrôler » le TRANSIT direct entre *une* unité E.S. rapide et la zone de mémoire centrale qui lui est affectée (voir Figure 9. 12).

Enoncé 19

Le canal multiplexeur (ou lent).

Eléments de corrigé

Le fonctionnement du canal multiplexeur est beaucoup plus complexe. Sa lenteur est toute relative avec un débit d'au moins 200000 octets par seconde.

---

(1) Il ne faudrait surtout pas imaginer les canaux comme des éléments ou unités isolés et encore moins comme des espèces de gros câbles munis de prises de connexion nombreuses et disséminées. Ils sont toujours logés dans le « carter » de l'unité centrale et sont physiquement invisibles.

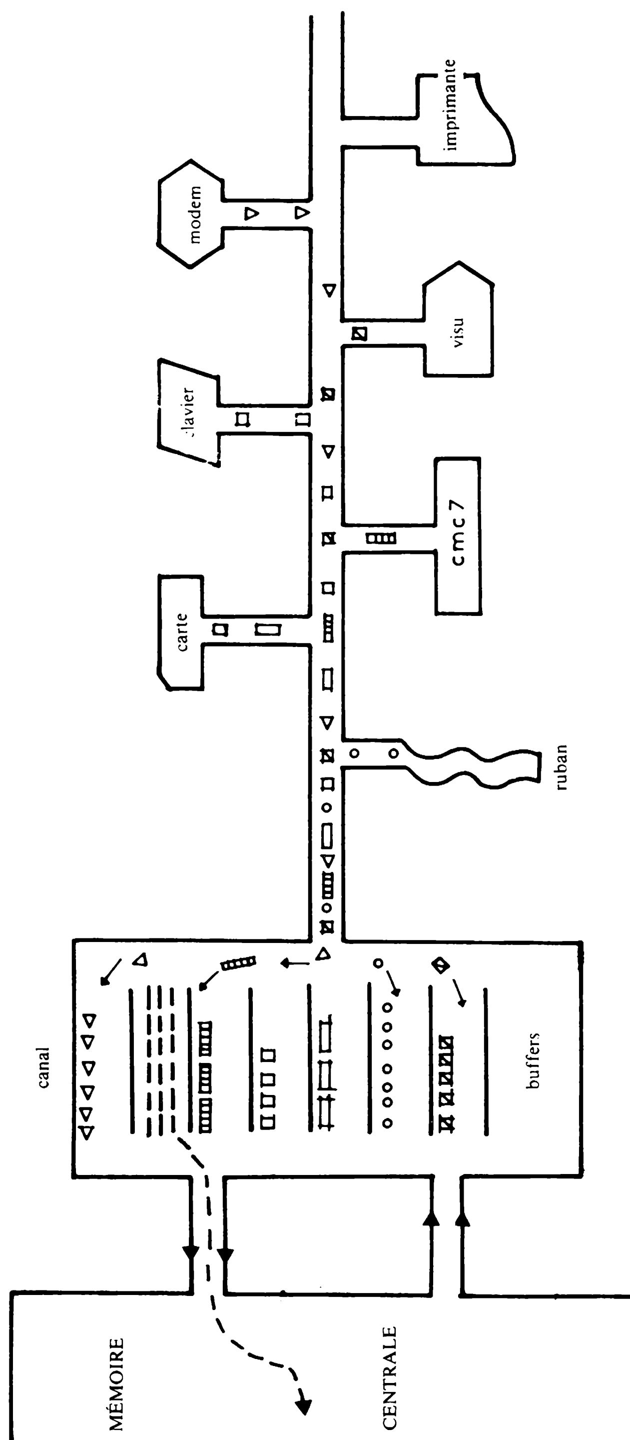


Figure 9.13 - Principe de fonctionnement d'un canal multiple supposé muni de mémoires tampon dont une en cours de transfert vers la m.c.

Par contre, il gère essentiellement des *périphériques lents* (imprimante, lecteur de cartes ou autres « supports » papier et lignes de télécommunications). Un lecteur de cartes travaillant en série à la vitesse de 600 cartes à la minute livrera huit impulsions toutes les millisecondes environ (correspondant au code interne de la perforation lue) en admettant qu'il ne possède pas de mémoire-tampon.

Le débit du canal est cent fois plus élevé. Il peut donc s'occuper de *plusieurs éléments périphériques à la fois* en mélangeant les impulsions de diverses origines et en assurant le tri à l'arrivée. Ce multiplexage peut d'ailleurs s'effectuer par octet ou par bloc (ou paquet de caractères).

Au niveau des messages complets, il y a donc une véritable simultanéité de fonctionnement.

Le fait de gérer plusieurs éléments périphériques dont les informations parviennent en morceaux épars complique considérablement le fonctionnement du canal multiple (ou multiplexeur) dont le débit peut toutefois être plus modeste.

La Figure 9.13 représente schématiquement le processus utilisé mais il ne faut pas l'interpréter de façon trop rigoureuse. Le multiplexage est beaucoup plus temporel que matériel et les mémoires-tampon du schéma n'existent pas toujours.

Les solutions adoptées par les différents constructeurs sont extrêmement variées... Généralement, le canal multiple ne peut plus avoir ses propres « circuits de commande » car il en faudrait un nombre égal à celui des périphériques en service qui peut être très élevé : une dizaine parfois.

Le rôle de processeur-adjoint du canal est-il ainsi plus réduit que pour les canaux rapides. Ce sont des registres ou zones de mémoire du processeur central qui sont utilisés. Par contre, le canal doit souvent effectuer des regroupements des éléments de messages partiels avant de les transmettre vers la mémoire centrale d'où la présence de mémoire-tampons ou buffers plus fréquente que sur les canaux simples. Des codes identifiant les éléments périphériques émetteurs ou récepteurs accompagnent d'ailleurs ces messages pour en permettre le regroupement dans les buffers éventuels ou directement en mémoire centrale.

Enoncé 20

La simultanéité de fonctionnement des éléments de l'ordinateur.

Eléments de corrigé

L'intérêt principal des canaux ne peut bien se comprendre sans évoquer l'importante question de la *simultanéité de fonctionnement* de l'unité centrale et de la périphérie.

Sur le canal multiplexeur, il est facile d'admettre que, du fait qu'il s'occupe de plusieurs périphériques à la fois en mélangeant puis triant leurs messages, plusieurs programmes puissent *s'enchaîner sans aucune perte de temps.* Dès qu'un programme atteint un ordre S.I.O., il passe le relais au canal et le processeur déroule un autre programme jusqu'à un nouvel ordre S.I.O. et ainsi de suite.

Il ne peut y avoir de conflit que s'il s'agit d'utiliser *le même périphérique,* ce qu'évitera le « système d'exploitation » en choisissant des programmes « compatibles » lors de leur chargement en mémoire.

Pour les canaux simples ou rapides, la simultanéité est moins évidente. Un exemple simplifié nous permettra de l'éclaircir.

Supposons un ordinateur équipé de deux canaux rapides sur chacun desquels sont connectés deux dérouleurs de bandes magnétiques fonctionnant à une vitesse de cent kilocycles. Deux programmes X et Y vont se dérouler parallèlement en mémoire centrale. Chacun d'eux comporte deux parties XA et XB ou YA et YB se terminant l'une par une demande de lecture d'un bloc de B.M. (Lx, Ly), l'autre par l'écriture d'un bloc ***sur un autre dérouleur*** *(Ex, Ey). La Figure 9.14 donne le schéma de déroulement des opérations. Pour simplifier, nous avons admis que les traitements en mémoire centrale duraient* ***deux*** *millisecondes et les temps de transfert dans les canaux* ***dix*** *millisecondes (pour lire ou écrire des blocs de mille caractères sur bande).*

On peut constater que la durée réelle du programme X ($<$ 72 millisecondes pour 4 blocs) est inférieure à la durée globale SANS simultanéité qui aurait été de 96 millisecondes [(2 + 2 + 10 + 10) × 4]. Elle est supérieure au minimum pensable, 40 ms pour les seules lectures de la bande X, à cause de la multiprogrammation qui en s'occupant du programme Y réduit les temps de chômage de la C.P.U.

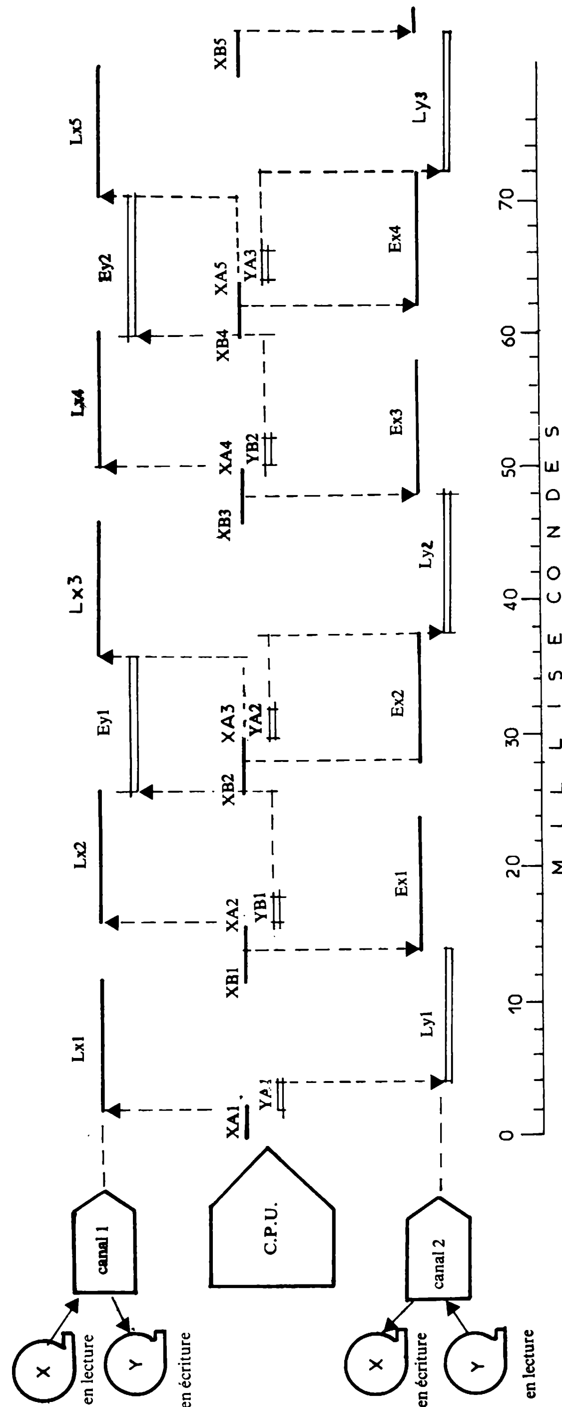


Figure 9.14 - Chronogramme du déroulement de deux programmes X et Y utilisant chacun 2 B.M. sur 2 canaux rapides.

Pour le programme Y, la simultanéité est pratiquement inexistante mais cela devait être prévu et il s'agit certainement d'un programme beaucoup moins prioritaire.

Pour améliorer la situation, il faudrait ***augmenter le nombre*** *de canaux (ou essayer d'utiliser le canal multiple).*

En conclusion, le nombre de canaux dont dispose un ordinateur a une incidence directe sur son rendement. Les temps de fonctionnement des périphériques pourront soit se recouvrir soit s'ajouter selon la ***richesse en canaux rapides.***

Le canal multiplexeur existe pratiquement toujours et la simultanéité des éléments périphériques ***lents*** *est donc* ***absolue*** *pour le programme le plus* ***prioritaire*** *et a fortiori en cas de monoprogrammation. On se contente donc d'évaluer la durée de fonctionnement du* ***périphérique le plus lent*** *pour évaluer la durée globale de déroulement d'un programme.*

En pratique, les problèmes sont si complexes qu'il existe aujourdh'ui des dispositifs et des programmes dits de ***métrologie*** *qui permettent d'évaluer les temps de* ***travail effectifs*** *de la C.P.U. et des canaux. Ils fournissent souvent des résultats surprenants par rapport aux prévisions généralement trop optimistes.*

Enoncé 21

La mémoire virtuelle.

Eléments de corrigé

La multiprogrammation d'une part et la souplesse apportée par les canaux pour le dialogue avec les périphériques d'autre part ont permis de concevoir une augmentation de taille de la mémoire centrale, dans des conditions économiques séduisantes sous le nom de mémoire virtuelle.

Il s'agit de considérer une pile de disques comme étant le « prolongement naturel » de la mémoire centrale.

La mémoire centrale comporte toujours un grand nombre de programmes exploités en multiprogrammation mais chacun d'entre eux n'y est pas stocké en entier. Ils sont ***découpés en pages*** *et une partie seulement d'entre elles se trouvent en mémoire centrale. Les autres sont automatiquement appelées au fur et à mesure des besoins dès qu'une page est terminée[1]. Bien entendu, grâce à la multiprogrammation pendant le transfert de la page suivante du programme, le processeur déroule une partie d'un autre programme et ainsi de suite, toujours en respectant des priorités.*

Le nombre de programmes ainsi exploitables « simultanément est très élevé, même avec une mémoire de taille modeste ». En outre, la taille maximale d'un programme devient presque illimitée : jusqu'à seize millions d'instructions !... à cause de l'indication des adresses (seize millions = 2^{24} sur 3 octets et 6 octets possibles pour une instruction à deux adresses).

Il y a toutefois une limite temporelle.

Les transferts disques sont toujours assez longs. En en exagérant le nombre, on risquerait de dégrader les performances de la machine. On trouve ici une occasion d'emploi de disques à têtes fixes ou de tambours magnétiques.

La Figure 9.15 résume le principe de la V.S. (Virtual Storage).

Enoncé 22

Les mémoires mortes - Le firmware.

---

(1) C'est surtout en l'efficacité de ces automatismes que réside la nouveauté. En effet, il était déjà loisible à un programmeur de pratiquer le système de la « segmentation » et de loger sur disques les parties des programmes qui ne pouvaient pas tenir en mémoire centrale. Mais alors ces segments étaient de longueur quelconque et c'est le programmeur qui devait s'occuper lui-même des transfert-disques en se livrant à de fastidieux calculs d'optimisation.

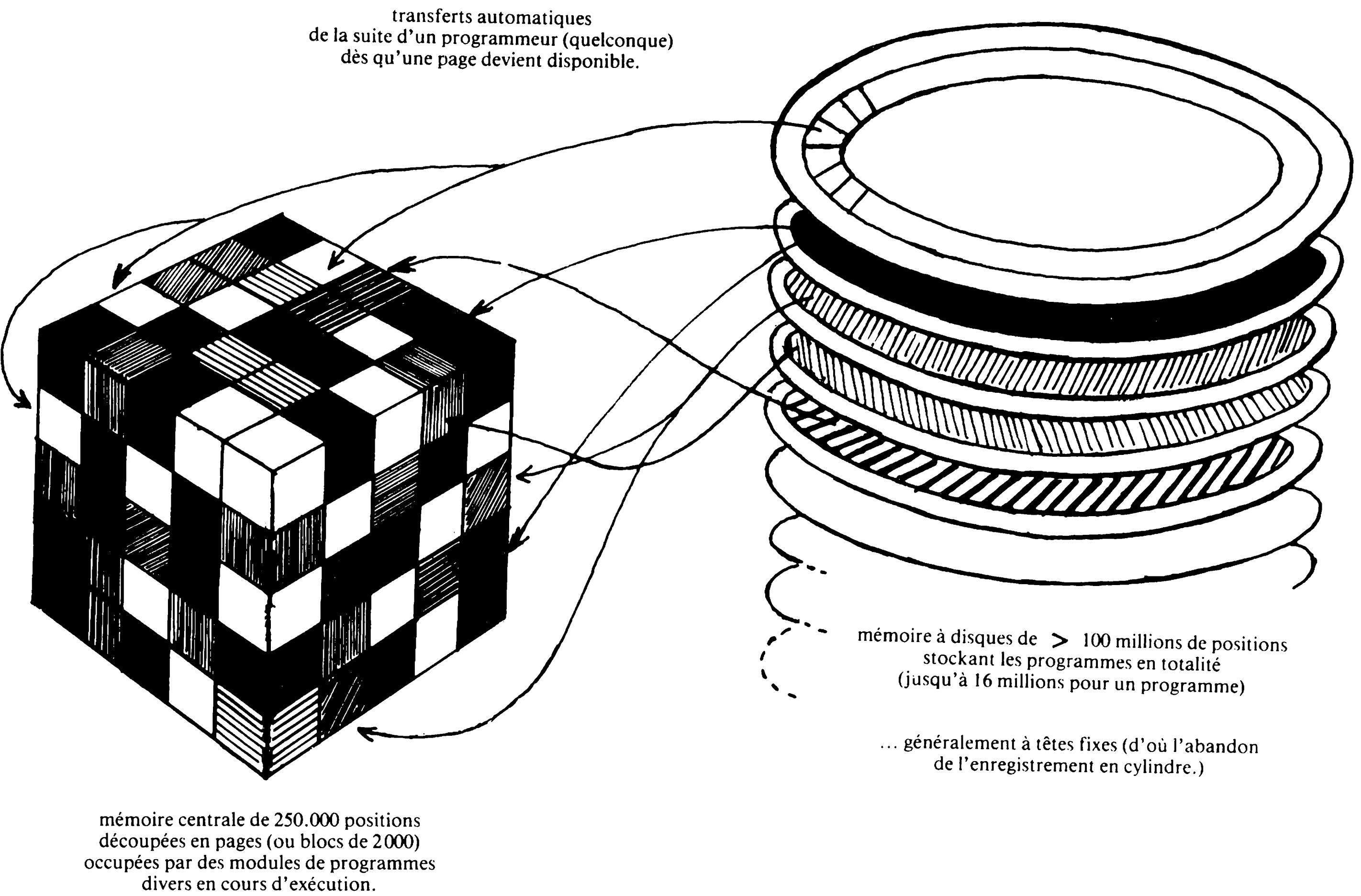


Figure 9.15 - Principes de fonctionnement d'une mémoire virtuelle.

Eléments de corrigé

Pour finir ce chapitre sur la composition de l'unité centrale, il faut évoquer une évolution assez récente directement dérivée de la technologie des miniordinateurs et connue sous le nom de « mémoires mortes » ou R.O.M. (Read Only Memory). La particularité de ces mémoires de technologies variées mais toujours non volatiles est de contenir des codes binaires ***constants enregistrés dès leur fabrication*** *et non modifiables d'où leur nom puisqu'on* ***ne peut que les lire.*** *L'intérêt pour l'utilisateur paraît plutôt limité. Ces mémoires sont surtout destinées à contenir des* ***microprogrammes*** *remplaçant avantageusement des câblages plus coûteux. On peut donner un exemple classique : celui des multiplications ou divisions. Elles se réalisent par additions ou soustractions et décalages successifs (revoir tome I). L'enchaînement de ces opérations élémentaires est assuré par un microprogramme qui est stocké dans une R.O.M. Une autre application beaucoup plus spectaculaire est réalisée par l'enregistrement de* ***programmes de traduction*** *de certains langages dits interprétatifs directement dans une R.O.M. (sur les ordinateurs de table, en B.A.S.I.C. ou A.P.L. notamment).*

Des variantes très prometteuses sont de plus en plus utilisées. Il s'agit des PROM, EPROM et REPROM (ou EEPROM).

Une mémoire P.R.O.M. est dite programmable (P) en ce sens que l'utilisateur peut en assurer lui-même l'enregistrement grâce à un appareillage électronique appelé programmateur.

Les EPROM ou REPROM présentent les mêmes possibilités avec en plus celles d'être effaçables (E) à l'ultra-violet très lentement ou très rapidement électriquement (2e E) et alors programmables à nouveau.

On devine facilement les développements extraordinaires que promettent ces techniques. Chacun pourra se confectionner ses microprogrammes spécifiques à condition d'être un peu bricoleur.

En attendant, les éléments de hardware (câblages) ainsi remplacés par du software préenregistré ont reçu le nom évocateur de FIRMWARE (entre le dur et le mou) (voir chapitre 14, énoncé 14).

Deuxième partie

Le logiciel

Après une longue description de tous les composants matériels de l'ordinateur, nous abordons l'étude de l'ensemble des travaux « intellectuels » nécessités par leur mise en œuvre. C'est ce que traduisait parfaitement le jeu de mot américain opposant HARDWARE (quincaillerie) à SOFTWARE (marchandise molle, cérébrale, matière grise) que l'on a traduit par LOGICIEL.

Ce faisant, nous dépassons certainement le sens habituel plus restreint de ce vocable qui désigne surtout l'ensemble des programmes de toutes sortes, présidant au fonctionnement des machines informatiques.

10 Les langages de programmation

Le chapitre précédent nous a appris comment l'ordinateur fonctionnait sous le contrôle du ou des programmes stockés dans sa mémoire centrale. Ce programme est enregistré en binaire et doit correspondre exactement aux commandes câblées du processeur dûment codifiées dans le type d'opération et aux adresses exactes des opérandes à traiter.

Dans tous les cas, lorsqu'un programme est exécuté, il doit se trouver en mémoire sous cette forme binaire, sans aucune exception... Cependant, rares sont les programmeurs qui emploient encore ce langage original que l'on peut qualifier pour cela de langage de niveau zéro ou de langage-machine ou binaire ou absolu.

Enoncé 1

Pourquoi le langage-machine est-il abandonné ?

Eléments de corrigé

On peut avancer trois raisons qui se renforcent d'ailleurs mutuellement :

1°) Le langage-machine est devenu *trop complexe* avec ses types d'opération ésotériques et surtout l'obligation d'indiquer les *adresses réelles* des opérandes, avec leur *longueur* exacte et le tout en *hexadécimal* (pour éviter le binaire pur vraiment « imbuvable »...). En cas de multiprogrammation, la répétition du numéro de registre de base pour chaque instruction est des plus fastidieuses (Revoir chapitre 9 énoncé 16).

2°) L'indication de l'adresse exacte d'une instruction de renvoi en cas de débranchement serait également contraignant et trop risqué.

3°) Etymologiquement, il est spécifique à un ordinateur ; donc, en cas de changement de machine, tous les programmes sont à réécrire, après que les programmeurs aient appris et maîtrisé les nouvelles règles de programmation.

Enoncé 2

Conséquences de l'abandon du langage-machine.

Eléments de corrigé

Il est clair que seuls les programmeurs ont abandonné le langage-machine mais non l'ordinateur. Pour qu'ils puissent encore « se comprendre », un interprète est indispensable. Utiliser un être humain pour cela

serait caricatural; il faudrait deux programmeurs au lieu d'un avec toujours un spécialiste du matériel considéré...ce que l'on voulait éviter.

C'est *l'ordinateur lui-même* qui assurera cette traduction au cours d'un passage spécial supplémentaire au cours duquel il transformera le *«programme-source»* écrit par le programmeur à l'aide d'un langage symbolique (ou synthétique ou artificiel) en un « programme-objet » ou « programme-résultant » en langage-machine (voir chapitre 11 et 13).

La perte de temps en découlant est minime par rapport aux avantages fournis aux programmeurs d'autant plus que cette traduction n'est à opérer que la première fois. Les programmes sont en effet généralement conservés dans leur version binaire pour les exploitations suivantes.

Enoncé 3

Quels sont les langages de programmation artificiels utilisables ?

Eléments de corrigé

Ils sont nombreux et variés.

Nous les répartirons en familles ou classes de différents niveaux en les numérotant de 1 à 5 ou 6 selon le degré d'indépendance qu'ils présenteront par rapport au langage-machine de niveau zéro.

— Niveau 1 : langages symboliques dits aujourd'hui AUTOCODEURS ou ASSEMBLEURS «orientés MACHINE»;
— Niveau 2 : langages générés;
— Niveau 3 : langages universels « orientés APPLICATION » ;
— Niveau 4 : langages universels INTERPRÉTATIFS;
— Niveau 5 : langages d'analyse;
— Niveau 6 : langages «spécifiques professionnels» ou PACKAGES ou «produits-programmes» ou PROGICIELS.

Ce découpage en niveaux et la terminologie proposée sont très discutables. Une grande confusion règne dans ce domaine à l'heure actuelle; les constructeurs utilisant des noms de langages publicitaires sans que l'on sache très bien s'ils sont de niveaux 1, 2 ou 4; par exemple : NEAT (NCR), UTMOST, BEEF (Univac), GESAL, MITRAS (C.I.I.H.B.), JEAN (ICL), LOGOL (LOGABAX), MOBOL (MDS), SPL (H.P.), etc....

Nous passerons en revue les caractéristiques de ces niveaux de langage de programmation, en nous limitant à l'essentiel et en cherchant surtout à dégager des critères différentiels certains pour chacun d'entre eux.

Enoncé 4

Langages de niveau « UN » : ASSEMBLEUR.

Eléments de corrigé

Première évolution du «langage-machine» : ces langages étaient dits «symboliques» ou «S.P.S.» (Système de Programmation Symbolique). Ils ont rapidement évolué et sont dits aujourd'hui AUTOCODEURS ou ASSEMBLEURS. On devrait toujours les faire suivre du nom de *la* machine pour *laquelle* ils sont utilisables.

Ces langages symboliques restent assez proches du « langage-machine ». Simplement, les adresses réelles sont remplacés par des «noms symboliques» comprenant cinq ou six lettres, et ayant une signification mnémonique en rapport avec l'application (TAUX, MONTAN par exemple). C'est l'ordinateur lui-même qui, au cours du passage de traduction du « programme-source », remplacera ces adresses symboliques par les adresses réelles qu'il aura *lui-même attribuées* aux diverses données en les rangeant *à la suite du programme.* Bien entendu, la longueur de ces données ne peut être inventée par la machine : elle doit lui être fournie par le programme : c'est l'objet des «pseudo-instructions» ou *«instructions déclaratives».* Il est aussi possible de donner cette longueur entre parenthèses, à la suite de chaque adresse.

1°) Pseudo-instructions.

On rassemble sous ce vocable des instructions qui n'existent qu'en langage synthétique (symbolique et autres), pour donner au moment de l'« assemblage » ou traduction, des précisions utiles à l'élaboration du « langage-machine », mais qui ***n'engendrent pas directement*** *une ligne d'instruction-machine correspondante.*

On y trouve, notamment, des « instructions déclaratives » quant à la longueur et à la nature de la zone de mémoire à réserver pour une « donnée à nom symbolique ». Placées en tête du programme symbolique, ces pseudo-instructions permettent à l'ordinateur de ***calculer les adresses réelles*** *de ces zones réservées séquentiellement à la suite des instructions de programme.*

2°) Types d'opérations.

Accessoirement, le langage symbolique permet de remplacer l'indication du T.O. réel par un T.O. mnémonique. Malheureusement ces abréviations (trois lettres généralement) sont d'origine anglo-saxonne et pas toujours très explicites pour un programmeur français, on trouvera par exemple :

— *MUL au lieu de @ pour multiplication ;*
— *MCS au lieu de / pour « remise à blanc » !*

3°) Avantage principal du langage symbolique.

Toutes les simplifications évoquées ci-dessus ne seraient peut-être pas, à elles seules, déterminantes.

Mais l'emploi des adresses symboliques est également possible pour les *renvois aux instructions* (tests et branchements). Chaque ligne d'instruction peut être référencée et recevoir un nom symbolique (CALCUL, SUITE, DÉBUT, etc...) que l'ordinateur transformera, aussi, en *adresse réelle* lors du rangement du programme en mémoire. Le programmeur pourra ainsi demander le « saut » à une instruction intitulée « SUITE » par exemple, *sans connaître son adresse réelle,* ni avoir à calculer combien de positions de mémoire étaient occupées par la partie de programme ainsi « sautée ». Or, nous avons vu que ces calculs étaient des plus fastidieux et risqués ; le langage symbolique a apporté *une solution définitive* à ce problème.

4°) Macro-instructions.

Jusqu'à présent, nous avons admis qu'à une ligne d'instruction en langage symbolique correspondait, en langage-machine, ***une seule*** *instruction (ou même aucune pour les pseudo-instructions).*

En langage autocodeur, il peut correspondre à une seule instruction synthétique plusieurs instructions-machines, voire tout un sous-programme. De telles instructions sont appelées MACRO-instructions.

L'utilité première de ces macro-instructions est de facilier le dialogue entre l'unité centrale et les mémoires auxiliaires, et notamment ***les bandes magnétiques.*** *Nous avons vu combien étaient nombreuses les opérations de servitude à cet égard. De plus, les contingences relatives au « formatting » (groupage des enregistrements sur B.M. en blocs de formats divers pour réduire le nombre d'espaces « Arrêt-Marche » imposent une programmation très complexe au niveau du langage-machine (voir chapitre 11).*

Les constructeurs ont dont écrit et mis au point des ***sous-programmes*** *(S.P.) assurant toutes ces opérations imposées par la technologie et connus sous le nom de S.P. de « gestion des entrées - sorties » ou I.O.C.S. (Input Output Control System). Le débranchement vers ces sous-programmes se fait par macro-instruction.*

Autre exemple de MACRO-instructions : les ordres S.I.O. qui renvoient vers un « mot de commande du canal » et son sous-programme d'exploitation.

La Figure 10.0 reprend l'exemple du chapitre précédent, notamment dans sa version la plus complète, sur machine à octets (Enoncé 9).

C'est l'ordinateur lui-même, au cours d'un passage de traduction qui reconstituerait le programme en langage machine, tel qu'il est donné par la figure 9.2.

Enoncé 5

Langages de niveau DEUX : programmes GÉNÉRÉS.

Eléments de corrigé

Ces langages de programmation relativement plus récents que les assembleurs, sont un peu délicats à classer. A l'origine, le principal d'entre eux le G.A.P. ou R.P.G. (Report Programming Generator)

RÉFÉRENCES	T.O. MNÉMONIQUE	ADRESSES SYMBOLIQUES
PSEUDO-I	DCL	ZOC = 5, ZOD = 5
	DCL	ZOE = 4, ZOF = 4
	DCL	ZOH = 6
DEBUT	SIO	......
	.	
	.	
	.	
	ADD	ZOC, ZOH
	CMP	ZOH, ZOD
	BRG	SUITE
	SUB	ZOE, ZOH
	RAZ	ZOF
	BRT	REGROUP
SUITE	ADD	ZOF, ZOH
	RAZ	ZOE
REGROUP	RAZ	ZOC

Figure 10.0 — EXEMPLE de PROGRAMME en ASSEMBLEUR (FICTIF).

On a utilisé ZOC pour ZONE C mais n'importe quel nom aurait pu convenir tel ZONC ou ZC ou C.

GÉNÉRATEUR AUTOMATIQUE DE PROGRAMMES
(Fonctions simples)
360/20 FUSION-ASSORTIMENT

C O L A T

ZONES DE CONTRÔLE.

1 Séquence (1) Croissante (2) Décroissante

Fichier primaire Prem col	Fichier primaire Dern col	Fichier sec Dern col	Nature (C) Caract (D) Digit
7 8	2 3	2 3	C
0 6	0 9	1 5	D
21	24	25	
28	31	32	34
35	38	39	41

CONTRÔLE DE SEQUENCE (Pour les deux fichiers)

1 Arrêt erreur de sequence (b) Non (1) Oui

Numéro de case (1 à 5) pour les cartes déclassées: 1 Fichier primaire — 5 Fichier secondaire

FUSION-ASSORTIMENT :

2 (1) Par groupes (2) Par cartes

N° de case Cartes assorties Prim Sec: 3 3 (1 à 5)

N° de case Cartes non assorties Prim Sec: 2 4 (1 à 5)

AVEC CODE SPÉCIAL AU SECONDAIRE :

Colonne [50] — Caractère [52] — Nature [53] (C) Caractère (Z) Zone (D) Droit

N° de case Cartes assorties Prim Sec. [54] (1 à 5)

N° de case Cartes non assorties du secondaire (1 à 5)

CONTRÔLE D'ACHEMINEMENT (Pour les deux magasins et toutes les cases):

Prem. col. [57] Dern. col. [60] Zone sur laquelle effectuer le contrôle

CONTRÔLE DE NUMÉROTATION CONSÉCUTIVE :

(1) Croissante (2) Décroissante

[62] Fichier: (1) Primaire (2) Secondaire

[63] Arrêt si erreur (b) Non (1) Oui

Zone à contrôler Prem. col. [64] Dern. col. [67]

Figure 10.1 - Feuille de programme : GAP. F.S.

d'I.B.M. était spécifique des machines « bas de gamme » de cette marque (les 360-20, Série 3 et 34).

Sous sa deuxième version, RPG II, il a été adopté par de nombreux constructeurs de miniordinateurs au prix sans doute de pas mal d'acrobaties de traductions.

On pourrait dire qu'il est « orienté MINIordinateur » et destiné à des utilisateurs non-informaticiens. Il est en effet d'une simplicité séduisante.

Ce langage de programmation « généré » ou « paramétré » n'a plus aucun rapport dans sa présentation écrite avec le langage-machine. Dans certaines versions (G.A.P. fonctions simples), il s'agit de porter quelques codes, ou paramètres, dans des cases prévues à l'avance sur des feuilles de programmation de modèle spécifique à chaque fonction à réaliser. Ces feuilles s'apparentent beaucoup plus à des *« documents de base »* traditionnels et les cartes-programmes sont très différentes dans leur zonage en passant d'une fonction à l'autre (voir Figure 10.1).

Ces programmes « générés pour fonctions simples » étaient très intéressants sur les ordinateurs *à cartes* de la 3e génération où ils permettent la réalisation d'opérations accessoires portant sur les fichiers de cartes traités par le L.P.F.M. : reproduction, interclassement, listes, sélection, insertion.

Pour de telles opérations, l'écriture d'un programme en autocode et, à fortiori, en langage-machine, aurait conduit à des nombres de lignes et cartes de programme disproportionnés avec la simplicité des fonctions à réaliser, faisant regretter la commoditer des tableaux de connexion !

Pour les programmes plus complexes, une version plus approfondie dite « G.A.P.F.I. » (fonctions intégrées) autorise une écriture assez simple car permettant d'indiquer trois adresses et des spécifications précieuses (longueur de zones, décimales, conditions logiques d'exécution, etc.) sur la ligne d'instruction principale. Mais la souplesse d'écriture des autocodes a complètement disparu. Non seulement, les zones réservées aux divers renseignements principaux et accessoires sont *imposées* sur la feuille de programme et sur les cartes correspondantes, mais elles sont très nombreuses et compliquent la perforation matérielle des cartes. On compte, par exemple, sur certaines feuilles dites « spécifications de traitement » une vingtaine de zones distinctes et 59 colonnes de cartes utilisées ! (voir Figure 10.5).

De plus, il existe CINQ types très différents de feuilles et cartes de programme relatives respectivement aux descriptions de fichier, spécifications d'entrée, de sortie ou de traitement.

Bref, ce langage n'est guère apprécié des informaticiens et est surtout utilisé pour des problèmes simples sur des matériels modestes.

Enoncé 6

Langages de programmation de niveau « TROIS ».

Eléments de corrigé

A partir de ce niveau, l'orientation des règles de programmation est radicalement différente. Jusqu'à présent, toutes les caractéristiques et contingences des instructions d'un programme dépendaient plus ou moins directement, selon le niveau précisément, de la *technologie d'un ordinateur précis.* Les programmes écrits en langage-machine, symbolique, autocode ou généré n'avaient de sens que pour ce seul ordinateur. Ceci reste vrai non seulement pour des matériels de marques différentes, mais aussi pour des ordinateurs de *type souvent voisin,* construits par la même firme (par exemple IBM 1401, 1410, 1130 ou 360). On dit que ces langages sont « orientés-machine ».

Avec le niveau TROIS au contraire, on a cherché à mettre au point des « langages universels » encore qualifiés *« orientés-application ».* En effet, ils peuvent s'appliquer à divers ordinateurs *de types ou de marques distincts* pour peu que les constructeurs aient prévu dans leur SOFTWARE, le *programme de traduction* en langage-machine correspondant (compilateur). Il faut aussi que la mémoire centrale de l'ordinateur considéré soit suffisamment vaste pour contenir ce programme compilateur toujours très encombrant (plus de 20000 positions, très souvent).

On distingue en fait trois types de « langages orientés-application »(1) :
— ceux spécifiques aux applications mathématiques ou scientifiques (FORTAN, ALGOL);
— ceux spécifiques aux applications comptables ou administratives dites « de gestion » (COBOLS divers);
— ceux cherchant à satisfaire ces deux types de besoins (P.L.I. et tout récemment ADA).

Enoncé 7

LE FORTRAN.

Eléments de corrigé

Le nom même de ce langage révèle le principe de son élaboration : FORmulation (mathématique) TRANsposée.

Son inventeur John BACKUS s'est efforcé de transformer le moins possible les symboles et les formules utilisés dans le calcul mathématique et scientifique traditionnel. Il fallait en somme trouver un compromis permettant une compilation relativement aisée par les programmes traducteurs des divers constructeurs, d'une part, et une adaptation rapide des chercheurs et ingénieurs aux règles de programmation, d'autre part.

La tâche était relativement simple, les formules mathématiques étant déjà par elles-mêmes une codification dense, universelle et pratique du langage scientifique. D'autre part, il ne se pose que peu de problèmes relatifs à l'introduction des données peu nombreuses ou à la présentation des résultats le plus souvent concis ou à usage interne (bureaux d'études).

1°) Règles d'écriture fondamentales du FORTRAN.

Comme pour tous les langages synthétiques, les facteurs variables ou « opérandes » portent un nom symbolique et mnémonique qui peut comporter de un à six caractères alphanumériques, le premier étant toujours une lettre.

Des T.O. spéciaux dits « ordres de spécification » (pseudo-instructions des autocodes) sont employés pour « déclarer les propriétés des variables », c'est-à-dire décrire, au préalable leur dimension, et leur forme mathématique : variable entière ou variable réelle, exprimée en virgule flottante, en simple ou double précision, etc.

Des conventions d'écriture complémentaires permettent une grande densité d'expression, notamment pour le calcul matriciel. Par exemple, soit la matrice A des coefficients d'un système linéaire, pour personnaliser un coefficient particulier on emploiera deux indices représentant la ligne « i » et la colonne « j » et on écrira A (I, J). On dira que A est une « variable indicée ».

2°) Formules de calcul arithmétiques et logiques.

Comme en écriture traditionnelle, les formules ou expressions sont construites en reliant les variables par des opérateurs arithmétiques. Les opérateurs utilisables sont représentés par les symboles habituels (+, —, /, =), sauf la multiplication (*) et l'exponentiation (**).

L'emploi de parenthèses et le respect de quelques règles d'écriture simples mais rigoureuses, permettent d'exprimer toute formulation sans ambiguïté.

*Ainsi (A * B) / C ** (I + J) représente :* $\frac{A.B}{C^{(i+j)}}$

Des expressions logiques peuvent être formées en utilisant des « opérateurs relationnels » exprimés par des abréviations (ou le symbole lui-même sur certains ordinateurs).

GT pour $>$ *, GE pour* $\geqslant$ *, LT pour* $<$ *, LE pour* $\leqslant$ *, NE pour* $\neq$ *.*
Ils peuvent être complétés ou modifiés par les opérateurs logiques AND, OR et NOT.

---

(1) Une récente enquête effectuée par la revue 01 Informatique auprès de 1 266 services informatiques français (N° 153 septembre 1981) fournit le classement suivant : COBOL 46,5 %, RPG (GAP) 25,6 %, BASIC 9,4 %, FORTRAN 8,7 %, ASSEMBLEURS 6 %, PLI 3,4 %.

3°) Ordres de contrôles et d'entrées-sorties.

Pour assurer l'introduction des valeurs des variables et l'extraction des résultats ainsi que le déroulement itératif du programme et de certaines de ses boucles répétitives, quelques «verbes» sont utilisés en complément. On peut citer :

— READ (lire une donnée),
— WRITE (écrire un résultat... sur bande magnétique),
— PRINT (imprimer un résultat),
— PUNCH (perforer un résultat),
— GO TO (se débrancher systématiquement vers...),
— IF... (introduction d'une condition),
— DO... (prescrire un calcul itératif...).

4°) Fonctions et sous-programmes.

Dans le calcul scientifique, l'utilisation de «fonctions» plus ou moins classiques revient très fréquemment. Ces différentes séquences de calcul ont été écrites, une fois pour toutes, par le constructeur et font partie du compilateur FORTRAN. Le programme s'y renvoie par **macro-instructions** *telles que :*

— ALOG (logarithme naturel),
— ARCOS (arc cosinus),
— SQR (Extraction de racine carrée... méthode de Newton),
etc...

5°) Feuilles de programme.

L'écriture du programme est très libre, seuls les numéros de lignes de programme doivent être indiqués dans une zone précise (voir exemple en Figure 10.2).

Probleme

Programmeur	**Date**	**Page**

Type N° (1–5)	Suite (6)	ORDRE FORTRAN (7–72)	Identification (73–80)
1		FREQ=0.	
		READ(2,100)RES,SELF,CAPA	
		WRITE(3,100)RES,SELF,CAPA	
		DO 2 I=1,200	
		FREQ=FREQ+100	
		PULS=2.*3.14159*FREQ	
		PART=SELF*PULS-1./(CAPA*PULS)	
		FMP=RES*SELF/(CAPA*SQRT(SELF**2/CAPA**2+RES**2*PART**2))	
		DEPH=-CAPA*RES*PART/SELF	
2		WRITE(3,100)FREQ,FMP,DEPH	
		GO TO 1	
100		FORMAT(3E16.8)	
		END	

Figure 10.2 - Exemple de programme Fortran.

Enoncé 8

Le COBOL

Eléments de corrigé

Le langage COBOL a été mis au point par un comité d'utilisateurs américains, connu sous le nom de «CODASYL» et comprenant une majorité d'utilisateurs gouvernementaux, dans le *but essentiel* de permettre d'écrire un programme de traitement informatique, *indépendamment de toute servitude technologique* relative à un ordinateur particulier. A cette époque, 1960 environ, les constructeurs exerçaient pratiquement une espèce de dictature technique, du fait que les frais à engager, pour écrire à nouveau les bibliothèques de programmes en langage spécifique à un matériel nouveau, étaient fréquemment supérieurs aux économies pouvant résulter de ce changement de matériel !...

La grande majorité des applications informatiques de l'époque, (comme d'aujourd'hui d'ailleurs...) était de nature commerciale ou administrative, et intéressait le monde des affaires d'où le nom du langage étudié : Common *Business* Oriented Language. On dirait aujourd'hui que le COBOL est propre à l'informatique de gestion.

Mais les difficultés à surmonter étaient beaucoup plus importantes que pour FORTRAN, et le langage mis au point est beaucoup moins simple. En effet, en gestion, deux différences fondamentales sont à souligner par rapport au domaine du calcul scientifique.

1°) Les comptables ou administrateurs ne sont pas rompus aux pratiques mathématiques et n'ont pas l'habitude, ni la nécessité, d'exposer leurs problèmes sous la forme condensée ou codifiée que permettent les formules mathématiques.

2°) A côté des calculs proprement dits, qui sont souvent très élémentaires (+, — et ×, les divisions même étant rares) et peu nombreux, en variété tout au moins, des problèmes autrement plus importants se posent pour l'introduction et l'organisation des fichiers de données (stockage et exploitation de barèmes, catalogues, situation de stocks ou de comptes, etc...) ou pour l'impression ou la divulgation de résultats volumineux (états divers détaillés présentant de nombreuses contraintes juridiques ou commerciales : bulletins de paie, factures, etc...).

Le langage COBOL comporte ainsi deux divisions principales : «Procédure» ou «traitement» et «Données» qui correspondent aux deux types de problèmes évoqués ci dessus : calculs et fichiers. Deux autres divisions secondaires servent à identifier le programme et ses auteurs (Identification Division) ou à le rendre opérationnel sur un ordinateur donné (Environnement Division), en précisant les caractéristiques techniques de celui-ci et en établissant certaines liaisons terminologiques indispensables. Nous n'évoquerons que les deux divisions principales.

Enoncé 9

La «PROCÉDURE DIVISION» du COBOL.

Eléments de corrigé

Dans les versions les plus complètes du COBOL (il y en a plusieurs, la plus simple étant le «COBOL 61» et la plus récente le COBOL ANS), on peut exprimer le détail des calculs à effectuer d'une façon voisine de celle du FORTRAN. On utilise pour cela un verbe introductif COMPUTE (calculer) et on peut écrire :

*COMPUTE MONTAN = TAUX * HEURES, par exemple, dans un problème de Paie.*

Mais pour des versions plus «standard » et d'ailleurs plus authentiquement COBOL, on écrira le mot à mot de l'opération :

TAUX MULTIPLY BY HEURES GIVING MONTAN.

De même, les «opérateurs relationnels» peuvent s'écrire en toutes lettres : GREATER THAN, EQUAL TO, LESS OR EQUAL, etc...

Cette façon de procéder répond à un deuxième but, un peu présomptueux que s'était fixé le « CODASYL » : rendre un programme compréhensible pour un non-spécialiste en informatique, voire un simple profane. D'où l'aspect « bavard » du COBOL que lui reprochent les informaticiens, surtout dans les pays ***non anglo-saxons*** *d'ailleurs.*

Les fonctions ou sous-programmes sont bien moins nombreux qu'en FORTRAN et d'emploi moins systématique (pas de macro-instructions de calcul), mais dans l'ensemble, l'écriture de la Division Procédure ne présente pas de grosses difficultés ; elle est simplement un peu longue.

Enoncé 10

La « DATA DIVISION » (Division « Données ») du COBOL.

Eléments de corrigé

Cette division très importante correspond, en somme, aux instructions déclaratives, dites pseudo-instructions, des langages synthétiques précédents. Seulement, elle a été très approfondie et nécessite des descriptions minutieuses des divers enregistrements constituant les divers fichiers.

Ces descriptions intéressent aussi bien les fichiers d'introduction de données (sur cartes, bandes magnétiques ou autres) que les fichiers de résultats en sortie (ligne d'impression, bandes magnétiques, cartes récapitulatives) ou les zones de travail (Working Storage) et les barèmes ou constantes.

Les règles de définition sont très strictes et de nombreux artifices permettent une grande souplesse de description aussi bien pour les fichiers d'entrée que de sortie : — subdivisions multiples des enregistrements grâce aux ***« niveaux »*** *(sortes de hiérarchie dans les descriptions) :*

- *« peaufinage » des impressions grâce à des modalités d'édition fouillées (« picture » supprimant des zéros, insérant des virgules, astérisques, signes monétaires, etc...),*
- *limitation des descriptions par des clauses de répétition très utiles pour les barèmes (« OCCURS » n TIMES), etc...*

Malgré, ou à cause de toutes ces possibilités, l'écriture de la division « Données » est des plus longues et fastidieuses. Elle présente certains risques dûs aux fautes d'orthographe et de ponctuation. On réserve de ce fait l'emploi du COBOL aux travaux dans lesquels la description des fichiers peut servir plusieurs fois pour diverses « unités de traitement ». Ces cas sont très fréquents en gestion et on organise ainsi des bibliothèques de description de fichiers (sur bandes ou disques magnétiques) auxquelles on renvoie aisément par une clause « COPY ».

Enoncé 11

Le langage P.L.1.

Eléments de corrigé

Plus récent, le P.L. I. tend à recouvrir les deux domaines spécifiques du COBOL et du FORTRAN.

Techniquement de beaucoup supérieur, il n'a pas réussi à simposer pour deux ou trois raisons semble-t-il.

Il paraît plus mystérieux car moins « littéraire » aux utilisateurs de COBOL et est concurrencé par d'autres langages supérieurs à FORTRAN pour les scientifiques (ALGOL et surtout APL).

Il est venu trop tard alors que les programmes déjà écrits en COBOL et les programmeurs rompus à ce langage se comptent par centaines de milliers.

Enfin, il a été mis au point par un seul constructeur et les autres renâclent à suivre.

Enoncé 12

Les langages de niveau QUATRE (dits interprétatifs).

Eléments de corrigé

La tendance actuelle à la généralisation du télétraitement, notamment sous forme de « *Time-Sharing* » a fait apparaître la nécessité de la mise au point de nouveaux langages de programmation.

En effet, les claviers tendent à devenir le principal moyen d'introduction des programmes. Ceci exclut aussi bien le langage-machine trop complexe que le COBOL trop prolixe.

Le FORTRAN peut être utilisé et l'est effectivement très souvent. Mais il comporte des particularités et complications qui n'intéressent que les mathématiciens.

Un langage simplifié, le BASIC, a donc été imaginé par une équipe du Darmouth Collège aux U.S.A.(1). Il se révèle, à l'usage, comme le plus rapide à apprendre et le plus simple à utiliser pour toutes les applications ne soulevant pas de problèmes de fichiers volumineux. Ce qui ne saurait surprendre pour un système de traitement n'utilisant qu'une machine à écrire ou un VISUEL comme moyen d'entrée-sortie.

Mais en réalité, le BASIC (et aussi l'A.P.L.) présente encore un degré d'indépendance plus grand vis-à-vis de l'ordinateur central qu'il commande à distance. L'obligation d'effectuer un passage spécial de la totalité du programme synthétique pour le transformer en programme-machine est très gênante en télétraitement conversationnel (time sharing notamment) ou sur MICRO-ORDINATEUR.

Le système d'exploitation utilise donc un programme interprétateur qui analyse et traduit chaque ligne de programme frappée au clavier en signalant les anomalies et permettant de les redresser immédiatement.

Un autre langage intreprétatif scientifique extrêmement puissant (l'A.P.L.) est en développement rapide. Il se heurte curieusement à l'insuffisance actuelle des éléments périphériques des ordinateurs classiques (lecteur de cartes et imprimantes) car il utilise un nombre de symboles très élevé dépassant les possibilités de « codification externe actuelles ».

*Des terminaux spéciaux (et des calculateurs de table) présentent ainsi des claviers « dédiés » sur les touches desquels sont **directement gravés** les ordres APL. Il en résulte une rapidité de frappe et une fiabilité accrues mais une spécificité des matériels, provisoirement sans doute.*

Enoncé 13

Le langage BASIC

Eléments de corrigé

Le BASIC (Beginner's All purpose Symbolic Instruction Code) est d'une conception très simple et très mnémonique.

Chaque programme se décompose en « lignes d'instructions » de 72 caractères au maximum.

Chaque ligne *commence* obligatoirement par un *numéro* qui servira *d'adresse de renvoi* éventuelle.

Un mot anglais (parmi 28 possibles) suit obligatoirement le numéro de ligne et représente en quelque sorte un *type d'opération général* annonçant le rôle de la ligne d'instruction.

Le plus typique de ces mots est « LET » (permettre, laisser faire) qui demande un traitement arithmétique ou autre en annonçant le résultat à obtenir :

LET X = A * B etc... (un peu comme en FORTRAN).

Les variables ou zones de mémoire sont indiquées par une *seule lettre* éventuellement suivie d'un CHIFFRE (A, A3, A8...).

Le nombre d'espaces est sans importance, des virgules et des parenthèses permettant les compléments de précision nécessaires.

---

(1) Un langage semblable, le L.S.E. (langage simplifié pour l'enseignement) a été mis au point à l'Ecole supérieure d'électricité en 1972 à la demande du Ministère de l'Education. Son principal avantage est de ne comporter que des ordres en langue française (ALLER A au lieu de GO TO)... Il est assez utilisé dans le milieu scolaire et universitaire... comme premier langage d'initiation... ce qui est sa raison d'être.
Un autre langage didactique adapté aux concepts modernes de la programmation structurée connaît un grand développement sous le nom de « PASCAL ».

Les mots READ et DATA assurent l'introduction des Données, PRINT l'impression des résultats ou des messages.

Des instructions conditionnelles commençant par IF ... THEN donnent toute la souplesse désirable aux programmes, de même que les mots FOR ... NEXT et GOSUB assurent les boucles itératives et les renvois aux sous-programmes.

Lorsqu'une ligne ne commence pas par un numéro, elle est considérée comme un ordre s'adressant au système d'exploitation (voir chapitre suivant).

En résumé, on ne peut guère imaginer plus simple pour des travaux *comptables* ne nécessitant que l'emploi d'une *« machine à écrire »* connectable à un ordinateur. (avec ou sans télétraitement) éventuellement associée à un lecteur-perforateur de ruban.

Enoncé 14

Le langage A.P.L.

Eléments de corrigé

Le langage A.P.L. (« A » Programming Language) représente certainement le système de programmation idéal...pour les mathématiciens.

Il est en effet d'une densité remarquable au point de le qualifier de langage idéographique.

Il utilise plus de 90 caractères ***différents*** *dont 60 symboles empruntés aux domaines mathématiques et logiques y compris quelques lettres grecques.*

Chaque caractère représente un type d'opération ou fonction avec deux significations possibles selon que l'instruction ne comporte qu'un terme (monadique) ou deux termes (diadique). Mieux encore, il est possible par un retour en arrière (Overstricke) de combiner deux symboles au clavier prenant ainsi une signification nouvelle !

Certaines de ces fonctions sont d'une puissance considérable comme, par exemple, « ? » qui provoque la génération d'une suite de nombres aléatoires ; « F » celle d'une suite de Fibonacchi ; « + / » la « compression ou réduction » de toutes les valeurs d'un vecteur avec addition (c'est-à-dire le cumul noté habituellement Σ *) etc...*

Pour les données (appelées « Arrays »), on peut préciser s'il s'agit de scalaire, de vecteur, de matrice, de table ou d'hypermatrice à quatre dimensions.

La constitution de sous-programmes personnels appelés FONCTIONS est extrêmement simple et concourt à faire de l'A.P.L. un des systèmes de programmation les plus puissant.

Enoncé 15

Comment programmer encore plus simplement ? Les niveaux 5 et 6.

Eléments de corrigé

Avec les langages orientés applications ou interprétatifs, il semblerait que le terme de l'évolution possible fut atteint dans le domaine de la simplification de la programmation.

En fait, on peut distinguer deux autres « niveaux » de langages encore plus éloignés des servitudes de la programmation binaire ;

— les langages d'analyses de niveau 5
— les packages ou « Produits-Programme » ou Progiciels de niveau 6.

Il ne s'agit plus de langage de programmation au sens strict mais de commodités fournies par des S.S.C.I. (Sociétés de Software) à titre onéreux. Elles reviennent quand même à simplifier le logiciel et restent bien dans les préoccupations de ce chapitre.

Enoncé 16

Les langages d'analyse (« Niveau » cinq).

Eléments de corrigé

Des (S.S.C.I.) ont commercialisé des méthodes d'analyse (CORIG, MINOS, PROTEE, ARIANE, etc...) qui permettent d'exprimer les différentes opérations à faire effectuer par l'ordinateur sous des *formes très condensées* (listes d'actions conditionnées par exemple).

A condition de respecter des règles syntaxiques rigoureuses (ponctuation, imprimés spéciaux, etc...) ces listes peuvent permettre de générer automatiquement des programmes grâce à des « supercompilateurs » vendus par les S.S.C.I. (Langages PAC, BYBLOS, MARK IV, etc...).

Souvent le programme résultant est obtenu dans un langage universel, COBOL ou PL1, qui le rend indépendant de toute servitude machine.

Dans certaines méthodes, quelques parties de programme peuvent encore être à programmer manuellement mais toujours de façon assez marginale (moins de 30 %) et provisoirement.

Ce 5[e] niveau de langage n'en est encore qu'à ses débuts et s'implante difficilement, sans doute à cause du prix du logiciel correspondant.

Il semble bien cependant annoncer une évolution des langages de programmation semblant s'éloigner de plus en plus du langage « absolu ou binaire » de l'ordinateur. On peut rêver d'une époque ou la dualité programmeur analyste aura disparu, ce dernier pouvant commander l'ordinateur sans le concours du programmeur-interprète.

Enoncé 17

Les packages ou Progiciels (« Niveau » six).

Eléments de corrigé

Les progiciels pourraient se définir comme des « programmes-standards personnalisables », l'utilisateur n'ayant qu'à les « actualiser » pour correspondre aux besoins particuliers de sa gestion.

Près de 200 S.S.C.I. proposent aujourd'hui plus de 2000 packages généraux sur la Paye, la Facturation etc... écrits dans des langages universels et qui répondent donc bien à notre définition. Toutefois, ils sont assez coûteux (plusieurs dizaines de milliers de francs) et surtout, ils nécessitent une « personnalisation » pour tenir compte des particularités de chaque entreprise. Il faut alors modifier des parties plus ou moins importantes du programme ce qui nécessite l'emploi d'un spécialiste et complique d'autant la maintenance.

Mais il est probable que des *organismes professionnels* de branches d'activité économique *spécifique,* en découvrant l'informatique, seront amenés à rédiger de tels « programmes standards » pour une application bien particulière à une profession. Ils ne pourront le faire que dans un langage universel, COBOL, PL1 ou...successeurs, et nous aurons alors effectivement atteint le dernier niveau d'évolution possible et souhaitable encore que les *langages d'analyse* atteignent le même but par une autre voie.

On ne peut nier, qu'à l'heure actuelle, un gâchis de matière grise incroyable a lieu en permanence dans les services informatiques. Les mêmes problèmes élémentaires et traditionnels (Paye, Facturation, etc...) sont étudiés par des centaines d'équipes de programmeurs et d'analystes pour aboutir à des solutions souvent très voisines.

D'autre part, des besoins nouveaux suffisamment généraux sont apparus pour justifier la commercialisation de progiciels directement utilisables. On peut citer la méthode P.E.R.T. (contrôle d'avancement de chantier) et surtout les systèmes de gestion de bases de données (S.G.B.D. ; voir énoncé 20).

Enoncé 18

Exemples comparatifs des 3 niveaux de langages de programmation utilisés en « traitement traditionnel » (sans télétransmission).

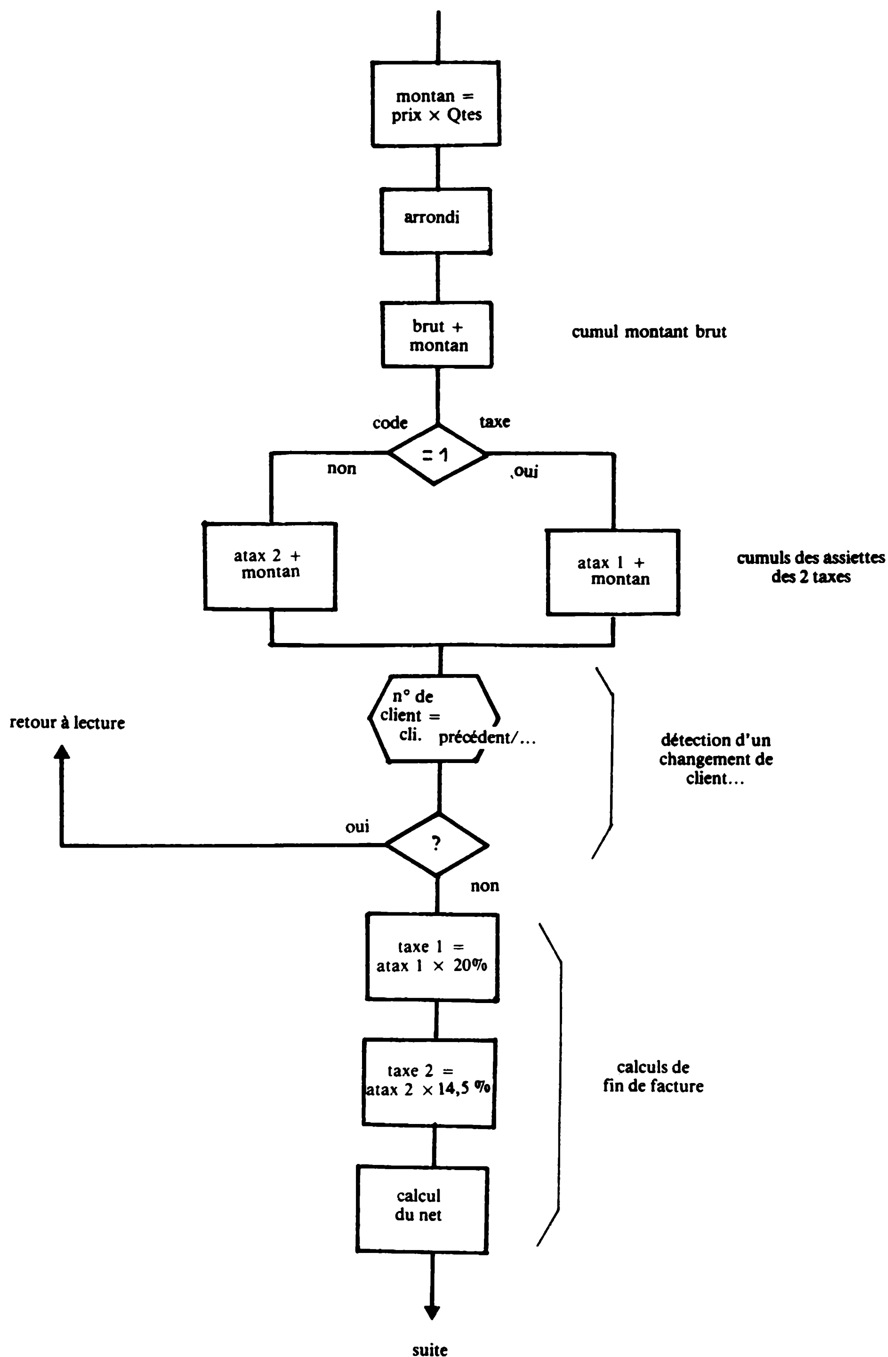


Figure 10.3 - Algorigramme partiel d'un programme de facturation.

IBM FRANCE — SYSTEME 360 - ASSEMBLEUR — XF2-0010-0

PROGRAMME FACTURATION			INSTRUCTIONS DE PERFORATION	FEUILLE 2 DE
			GRAPHISME	TYPE DE CARTE
NOM: LAUTEUR	TELEPHONE:	TRAVAIL N°: DATE:	PERFORATION	

```
SYMBOLE   OPERATION  FACTEUR                      COMMENTAIRES                     IDENTIFICATION
                                                                                   FACTUR.
          LR         3,15
          USING      DEB,3
LECTURE   GET
CALCULS   ZAP        MONBRU(5),PRIX(3)
          MP         MONBRU(5),QTES(2)
          AP         MONBRU(5),P'5'                  } ARRONDI
          MVO        MONBRU(4),MONBRU(4)             } DECALAGE 1 DECIMALE
          MVC        MONTAN(4),MONBRU+1(4)
          AP         BRUT(4),MONTAN(4)
          CLI        COTAX,C'1'
          BE         TAX20
          AP         ATAX2(4),MONTAN(4)
          B          SUITE
TAX20     AP         ATAX1(4),MONTAN(4)
SUITE     CLC        CLIENT(2),CLIPRE(2)
          BE         LECTURE
          ZAP        TAX1(5),ATAX1(4)
          MP         TAX1(5),P'2'
          MVO        TAX1(5),TAX1(4)                 DECALAGE 2 DECIMALES
          ZAP        TAX2(6),ATAX2(4)
          MP         TAX2(6),P'145'
          MVO        TAX2(6),TAX2(3)                 DECALAGE 3 DECIMALES
          AP         NET(4),BRUT(4)
          AP         NET(4),TAX1+1(4)
          AP         NET(4),TAX2+1(4)
```

Figure 10.4 - Programme de facturation en assembleur IBM 360 ou 370.

IBM GAP — **SPÉCIFICATIONS DE TRAITEMENT** — GXF2-0034-2

Programme : FACTURATION | Établi par LAUTEUR | Date : 1. 10. 75 | N° Page 2 | Identification FACTOR

N° Ligne (3-5)	Code Carte (6)	Niveau de Contrôle L0, L1 à L9, SR (7-8)	Indicateurs (9-11)	ET (12-14)	ET (15-17)	Facteur 1 (18-27)	Code Opération (28-32)	Facteur 2 (33-42)	Zone Résultat (43-48)	Long de Zone (49-51)	Nbre décimales (52)	Arrondi : H (53)	Indicateurs Résultants: Plus / Comparaison Sup 1>2 / Consult. Table Sup (54-55)	Moins / Inf 1<2 / Inf (56-57)	Zéro / Egal 1=2 / Egal (58-59)	Commentaires (60-74)
01	C					PRIX	MULT	QTES	MONTAN	6	2	H				
02	C					MONTAN	ADD	BRUT	BRUT	7	2					
03	C		01			MONTAN	ADD	ATAX-1	ATAX-1	7	2					IND. 01 SI CODE
04	C		N01			MONTAN	ADD	ATAX-2	ATAX-2	7	2					TAXE = 1
05	C	L1				ATAX-1	MULT	0.20	TAXE-1	6	2					
06	C	L1				ATAX-2	MULT	0.145	TAXE-2	6	2					IND. L1 SI CHANG
07	C	L1				BRUT	ADD	TAXE-1	NET	7	2					EMENT CLIENT
08	C	L1				TAXE-2	ADD	NET	NET	7	2					
09	C															
10	C															
11	C															
12	C															
13	C															
14	C															
15	C															
16	C															

Conditions d'Exécution..

Figure 10.5 - Programme de facturation en GAP. FI.

PROGRAMME "COBOL"

PAGE	Programme FACTURATION	Ordinateur	Page 2 de 4
1 3	Programmeur LAUTEUR	Date 1.10.75	Identification FACTUR.

```
DATA DIVISION.
    {
WORKING STORAGE SECTION.
77  MONBRU PIC 999V999.
77  MONTAN PIC 9999V99.
77  BRUT   PIC 99999V99.
77  ATAX-1 PIC 99999V99.
    {     etc.....

PROCEDURE DIVISION.
LECTURE.
    {
CALCULS.
    MULTIPLY PRIX BY QTES GIVING MONBRU.
    ADD 0.005 TO MONBRU GIVING MONTAN.
    ADD MONTAN TO BRUT.
    IF COTAXE EQUAL TO 1 ADD MONTAN TO ATAX-1 ELSE ADD MONTAN TO
    ATAX-2.
    IF CLIENT EQUAL TO CLIPRE GO TO LECTURE.
    COMPUTE TAXE-1 = ATAX-1 * 0.20.
    COMPUTE TAXE-2 = ATAX-2 * 0.145.
    COMPUTE NET = BRUT + TAXE-1 + TAXE-2.
SUITE.
    {
```


Figure 10.6 - Programme de facturation en COBOL

Eléments de corrigé

Les développements théoriques ci-dessus sont illustrés par les exemples des Figures 10-3 à 10-6 qui donnent un ordinogramme de programmation (ou algorigramme) et les trois feuilles de programme y correspondant écrites en langages Assembleur (Figure 10-4) G.A.P. (Fig 10-5) et COBOL (Fig 10-6).

Il s'agit d'un problème de facturation simplifiée. La partie de l'algorigramme représente le calcul d'un « montant » arrondi au centime le plus voisin à partir d'une « zone Prix unitaire » et d'une « zone Quantité » (chacune avec 2 décimales).

Ce montant est ensuite cumulé 2 fois pour avoir le brut de la facture et l'assiette de calcul de la T.V.A. selon deux taux possibles (code 1 à 20 % et « NON 1 » à 14,5 %.[1]

En fin de facture, détectée par le changement de numéro de client : CLIENT = CLIPRE (client précédent), on calcule les 2 taxes et le NET.

Les opérations de lecture de carte (ou bande) et d'impression de résultat ont été *négligées.* Elles auraient en effet faussé les comparaisons car elles nécessitent en G.A.P. l'emploi de 2 autres feuilles de programme de dessin particulier dites : Spécifications d'entrée et Spécifications de sortie et sont très spéciales en assembleur (ordre S.I.O. mettant en jeu les canaux).

Toutefois on a fourni en COBOL la partie de la DATA. DIVISION *indispensable* à la réservation des zones de cumul (Working Storage Section) inutiles en G.A.P.

En ASSEMBLEUR, les longueurs sont indiquées en «OCTETS» car les données y sont « PACKÉES » à raison de 2 chiffres par octet. En outre, les résultats se forment dans la zone indiquée par la *première* adresse (deuxième en COBOL et troisième en G.A.P.).

Tous ces programmes ne sont pas de « haute qualité ». On aurait pu faire mieux mais moins simple. Notre but n'est que d'illustrer nos développements trop théoriques mais aussi de souligner que la difficulté de programmation d'un problème identique dépend beaucoup du choix du langage. Elle est maximale en Assembleur, minimale en *G.A.P.*

Inversement, le programme résultant en langage machine sera plus ou moins « efficace » relativement à la vitesse d'exécution et à l'encombrement en mémoire. Ceci laisse ouvert le choix de l'informaticien quant au langage à adopter.

Enoncé 19

Exemple de programmation en BASIC (dans un réseau de Time Sharing).

Eléments de corrigé

Nous nous contenterons de faire éditer par la machine à écrire du terminal une table correspondant aux puissances successives (de 1 à 10) des six premiers chiffres de la numération décimale. Pour ce faire, nous écrirons et frapperons au clavier le programme donné en figure 10-7. La machine imprimera le résultat représenté en figure 10-8. Il est à noter que ces figures sont des reproductions intégrales et réelles des impressions du programme et des résultats obtenus, en moins d'une minute.

Quelques commentaires s'imposent néanmoins pour illustrer les règles de l'énoncé 12. Nous les donnons ligne par ligne d'après la Figure 10-7.

***Ligne 5.** Nous demandons à l'ordinateur de lire trois variables appelées A, B, C, et dont les valeurs sont fournies en fin de programme à la ligne 75 en frappant le mot DATA suivi des six valeurs 2,3,4,5,6,7. Nous ne demandons le calcul que de trois de ces variables simultanément.*

L'ordinateur considérera d'abord les trois premières données indiquées et fera ses calculs en appliquant aux variables A, B, C, respectivement les valeurs 2, 3, 4 puis le programme sera relancé automatiquement une deuxième fois en appliquant aux variables A, B, C, les valeurs 5, 6, 7.

---

(1) Ces taux ne sont plus d'actualité.

```
5 READ A,B,C
10 LET E=1
20 LET X=A↑E
30 LET Y=B↑E
40 LEY-T Z=C↑E          ... avec RECTIFICATION
50 PRINT E,X,Y,Z
55 LET E=E+1
60 IF E>10 THEN 5
70 GO TO20
75 DATA 2,3,4,5,6,7
80 END
```

Figure 10.7 - Exemple de programme en BASIC.

```
ABRAH1      13:33    PARIS2 30/04/70

 1              2                 3                 4
 2              4                 9                 16
 3              8                 27                64
 4              16                81                256
 5              32                243               1024
 6              64                729               4096
 7              128               2187              16384
 8              256               6561              65536
 9              512               19683             262144
 10             1024              59049             1048576
 1              5                 6                 7
 2              25                36                49
 3              125               216               343
 4              625               1296              2401
 5              3125              7776              16807
 6              15625             46656             117649
 7              78125             279936            823543
 8              390625            1679616           5764801
 9              1953125           10077696          40353607
 10             9765625           60466176          282475249

OUT OF DATA  IN 5
```

Figure 10.8 - Résultat de l'exécution immédiate du programme BASIC en TIME SHARING.

Ligne 10. *Une variable E (exposant) est rendue égale à l'unité et servira aux calculs des trois premières valeurs A^1, B^1, C^1 de la première ligne d'impression (voir ligne 55).*

Les ***Lignes 20 à 40*** *demandent le calcul des trois résultats X, Y, et Z égaux respectivement à l'exponentiation des variables A, B, C selon la puissance correspondant à la valeur de E (égale à 1 pour la première boucle).*

La ***ligne 50*** *provoque l'impression d'une ligne de résultats comportant les valeurs de E, X, Y et Z.*

Ligne 55. *Nous devons calculer les puissances successives de A, B, C : Il suffit pour cela de faire progresser la valeur E d'une UNITÉ à chaque boucle ce qui s'exprime très simplement par E = E + 1, (le signe = devant être interprété ici comme signifiant « devient égal à... »).*

Lignes 60 et 70. *Une « instruction logique » va nous permettre de vérifier si notre programme a été entièrement réalisé pour les trois premières variables. En effet, nous nous sommes proposés de ne calculer que les dix premières puissances des variables A, B, C. Si nous n'avons pas dépassé cette valeur 10 pour E, il convient de retourner à la première ligne de la boucle du programme. C'est ce que nous ferons à la ligne 70 en demandant le renvoi systématique à la ligne 20, l'instruction 60 ayant été dans ce cas sans effet. Par contre, si la valeur de E est devenue supérieure à 10, nous renvoyons le programme vers la ligne 5 qui fait lire les trois variables suivantes (5, 6, 7) dans la ligne DATA et remet à UN la valeur E avant de déclencher la boucle. L'ordinateur arrêtera ses calculs automatiquement lorsqu'il n'y aura plus de valeurs à traiter à la ligne 75 (OUT OF DATA).*

On peut noter à la ligne 40 un exemple de rectification faite au clavier de la machine. En effet, l'opérateur avait tapé LEY au lieu de LET; il a eu la possibilité, par une touche spéciale du clavier, d'effacer cet Y et de le remplacer par un T, la petite flèche horizontale vers la gauche n'a pas d'autre signification.

La Figure 10-8 représente l'impression des résultats immédiatement après la demande d'exécution du programme ci-dessus. Nous pouvons constater qu'elle a bien imprimé dans l'ordre les valeurs de E, X, Y, Z et ce en deux séquences successives en limitant la valeur des exposants à dix dans chacun des trois cas, les deux tables ainsi obtenues étant imprimées à la suite. La machine s'arrête automatiquement en nous signalant que les variables dont la lecture est demandée en ligne 5 ne présentent plus de valeurs à traiter en ligne 75.

Quelques opérations complémentaires seraient nécessaires pour rendre ce programme opérationnel. Nous les étudierons dans le prochain chapitre traitant du système d'exploitation en Time-Sharing.

Enoncé 20

Système de gestion de Base de données

Eléments de corrigé

Une base ou banque de données est constituée par un fichier *unique* rassemblant *toutes* les informations intéressant plusieurs applications informatiques d'une entreprise ayant une certaine parenté.

Elle s'oppose en cela aux conceptions plus traditionnelles voulant que chaque application possède ses propres fichiers.

Les avantages sont évidents :

— lutte contre les redondances d'informations (présentes dans plusieurs fichiers)
— unicité de mise à jour du fichier
— surtout, possibilité de consultation « en direct » par n'importe quel responsable de l'entreprise.

Toutefois les contraintes et difficultés d'organisation sont considérables.

La base de données doit se trouver sur une mémoire à accès sélectif de vastes dimensions. Il n'est plus possible de la *classer* sur un critère ou clé unique comme il est fréquent de le faire sur des fichiers spécialisés (accès séquentiel ou séquentiel indexé).

Des types d'organisation de fichier très sophistiqués utilisant de nombreuses « tables d'index », voire des systèmes de « chaînage » ou de fichiers « inversés » sont alors indispensables.

Leur mise au point paraîtrait trop complexe ou trop dispendieuse à la plupart des utilisateurs. C'est pourquoi des constructeurs et des S.S.C.I. ont mis au point des progiciels ou « packages » de création, de mise à jour et d'interrogation de ces bases de données connus sous le nom de « *Système de gestion de Base de Données* ».

Ces SGBD peuvent être de trois types : «hiérarchique», «réseau», ou «relationnel».

De toute façon, ils comportent toujours deux langages complémentaires :

- un DDL (Data Description Language) qui permet une définition très fine de la structure de la base de données.
- un DML (Data Manipulation Language) encore appelé «langage de requête» ou de «gestion de transactions». C'est ce dernier qui permet évidemment d'interroger ou de mettre à jour la base de données en question.

Le comité CODASYL étudie actuellement des normes tendant à imposer un SGBD standard comme il a réussi à le faire voici vingt ans pour le COBOL.

En attendant il existe actuellement une dizaine de SGBD concurrents proposés par les constructeurs ou les SSCI. Les plus connus ont pour noms : DL1 (Data Language Number 1), IMS, TOTAL, IDS, SOCRATE, PRTV, SYNTEX, ADABAS, APPEL IV, MIISFIIT, SEQUEL, etc...

Enoncé 21

Futurs langages de programmation

Eléments de corrigé

Tous les langages de programmation actuellement utilisés ont été conçus à l'époque du «batch processing» et pour des ordinateurs isolés.

Le développement du temps réel et des réseaux de téléinformatiques ont provoqué la création de nouveaux langages plus approfondis que le BASIC. Il règne à ce sujet une certaine anarchie et ces langages sont très nombreux et peu répandus (LIS, LTR, PROCOL, GREEN en France; CORAL, PEARL, REDL aux USA; etc...)

Les mêmes besoins qui ont fait naître COBOL en 1961 ont conduit le D.O.D. (Department of Defense américain) à mettre en chantier l'étude d'un langage universel de haut niveau orienté temps réel : le HOL (High Order Language).

Un «appel d'offres» lancé dans ce but entre une vingtaine de «constructeurs» vient d'être dépouillé. Il a retenu le langage GREEN présenté par CIIHB qui sera développé sous le nom d'ADA (en souvenir d'Ada Lovelace assistante de BABBAGE).

11 Le logiciel du constructeur Software et système d'exploitation

Software qui signifie « marchandise molle » regroupe, en fait, toutes les fournitures quelque peu « intellectuelles » que livre le constructeur en même temps que son ordinateur. C'est en quelque sorte l'ensemble des recettes et des consignes d'emploi nécessaires à la bonne utilisation du matériel. En pratique, cette fourniture consiste surtout en un très grand nombre de ***programmes écrits*** *par le constructeur et se rapportant à plusieurs domaines, comme nous le verrons ci-dessous, mais ayant tous comme point commun de* ***chercher à alléger*** *le travail de l'utilisateur, autrement dit, de lui rendre service. Dans cet état d'esprit, on pourrait proposer une traduction essayant également de refléter le jeu de mot américain en employant le terme de « servogramme ». Un informaticien célèbre (M. Louis Armand) avait proposé les termes de « Mentaille » ou de « Gamberge » qui reflètent bien cet aspect argotique du mot « Software ». Le terme de* ***« logiciel »*** *a été récemment rendu « obligatoire » pour les utilisateurs officiels français. Une* ***extension récente*** *de ce sens bien précis tendrait à inclure dans le « software-logiciel »* ***l'ensemble des programmes*** *utilisés sur un ordinateur, qu'ils soient écrits par le constructeur ou l'utilisateur.*

Enoncé 1

Quelles sont les catégories de programmes constituant le Software des constructeurs ?

Eléments de corrigé

Elles sont très nombreuses. On peut distinguer dans un ordre à la fois chronologique et d'utilité croissante les catégories suivantes :

- — Programmes de chargement
- — Sous-programmes ou routines
- — Programmes de gestion de fichiers
- — Programmes utilitaires
- — Programmes de service
- — Programme de transformation des langages symboliques :
  - • traducteur
  - • générateur
  - • compilateur
  - • interprétateur
- — Systèmes d'exploitation qui englobent de plus en plus l'ensemble des programmes précédents.
- — Programmes de simulation.

Enoncé 2

Les programmes de chargement (Loader).

Eléments de corrigé

Dès la commercialisation des premiers ordinateurs à tambour magnétique pour la plupart, les constructeurs durent résoudre un problème important. Le programme écrit par l'utilisateur ne pouvait être exploité par les circuits d'analyse de la machine qu'après avoir été stocké dans la mémoire centrale, ou sur le tambour plus généralement. Ce stockage nécessitait, bien entendu, l'introduction et le rangement des cartes-programme crées par l'utilisateur, et ces opérations devaient être organisées par le constructeur. Un câblage aurait pu réaliser ces fonctions, mais il est apparu plus économique et beaucoup plus souple d'effectuer le ***« chargement »*** *des instructions par un programme devant se trouver préalablement rangé en mémoire. C'est ce programme original qui est connu sous le non de* ***programme d'ordres initiaux.*** *A l'origine, il était enregistré sur une piste du tambour, piste inaccessible à l'utilisateur-client. Aujourd'hui, ce programme appelé généralement* ***« programme de chargement »*** *ou « programme autochargeur » doit être introduit dans la mémoire centrale qui ne possède aucune instruction pré-enregistrée. Ce programme de chargement a pour rôle de lire, d'interpréter et de ranger les « cartes-programme » de l'utilisateur, avant l'exploitation de celles-ci.*

Enoncé 3

Les sous-programmes.

Eléments de corrigé

On appelle sous-programmes ou «*routines*» des séquences ou parties de programme d'utilisation fréquente. Par exemple, en programmation mathématique, les calculs des diverses fonctions trigonométriques ou des extractions de racines carrées ; en comptabilité bancaire, des calculs de durée, etc.

Un sous-programme est donc toujours censé *servir plusieurs fois* au cours d'un même programme. Pour cela, il doit être stocké séparément et le programme principal doit y renvoyer à chaque utilisation. Ceci suppose une organisation du sous-programme assez souple pour permettre la réalisation de trois fonctions complémentaires :

a) pouvoir se brancher depuis le programme principal au début du sous-programme en question ;

b) trouver les données à exploiter par ce sous-programme, à des endroits précis et prévus d'avance qu'on appelle les paramètres du sous-programme ;

c) une fois le sous-programme exécuté, se rebrancher immédiatement au programme principal.

Evidemment, les sous-programmes écrits par les constructeurs répondent, tous, à cette définition. On peut en citer un certain nombre à titre d'exemple :

- *conversion de valeurs binaires en valeurs décimales,*
- *fonctions circulaires (sinus, cosinus, tangente),*
- *fonction exponentielle ou fonction logarithmique (ceci pour le calcul scientifique),*
- *calcul d'une date d'échéance,*
- *calcul d'une lettre-clé pour un contrôle d'indicatif numérique,*
- *traduction en lettres d'une valeur numérique pour les mandats,*
- *conversion en monnaie anglaise,*
- *calcul du nombre de jours entre deux dates,*
- *répartition monétaire.*

Dans l'étude du langage auto-codeur, nous avons vu que l'emploi des ***macro-instructions*** *y était très développé. En fait, une macro-instruction n'est rien d'autre qu'une* ***instruction de branchement*** *à un sous-programme du constructeur.*

Enoncé 4

Programmes de gestion de fichiers (P.G.F. ou I.O.C.S.).

Eléments de corrigé

Les programmes de gestion de fichier sont encore des sous-programmes auxquels l'utilisateur renvoie par *macro-instructions.* Mais on n'hésite pas à les considérer comme de véritables programmes en raison de leur extrême importance aussi bien du point de vue de l'utilité pour le programmeur-client que du point de vue du grand nombre de positions de mémoire qu'ils nécessitent pour leur exploitation. Comme leur nom le suggère, ces programmes sont essentiellement utilisés pour le *dialogue avec les éléments périphériques* de l'ordinateur, notamment avec les *dérouleurs de bandes magnétiques.* Nous approfondissons à l'énoncé 5 les servitudes imposées au programmeur par l'utilisation des dérouleurs de bandes magnétiques. Disons simplement, pour l'instant, que le *regroupement* quasi-obligatoire des enregistrements par blocs de plusieurs milliers d'octets sur les bandes, d'une part, et les nombreux contrôles effectués sur ce support d'information, d'autre part, conduisent à utiliser de nombreuses instructions de servitude, sans rapport direct avec la logique du traitement de l'utilisateur. Ces programmes de gestion dits souvent I.O.C.S. (Input-Output Control System) assurent automatiquement toutes ces opérations de servitude. Ils donnent ainsi l'impression au programmeur que la seule macro-instruction qu'il utilise, par exemple LEB (1) pour lire une bande, suffira à lui livrer dans une zone précise de la mémoire centrale un enregistrement logique en provenance de la bande magnétique sans qu'il ait à se soucier, d'aucune façon, de toutes les contraintes dues au « formatting » ou aux différents tests de contrôle et de sécurité relatifs au fonctionnement correct du dérouleur de bandes. La tendance actuelle est au développement intensif de ces programmes de gestion. Ils s'occupent de plus en plus de la gestion des fichiers au sens large, quel qu'en soit le support, notamment si ce support est une mémoire auxiliaire : tambour, disque ou feuillet magnétique (I.S.F.M.S. ou Organisation Séquentielle Indexée notamment...).

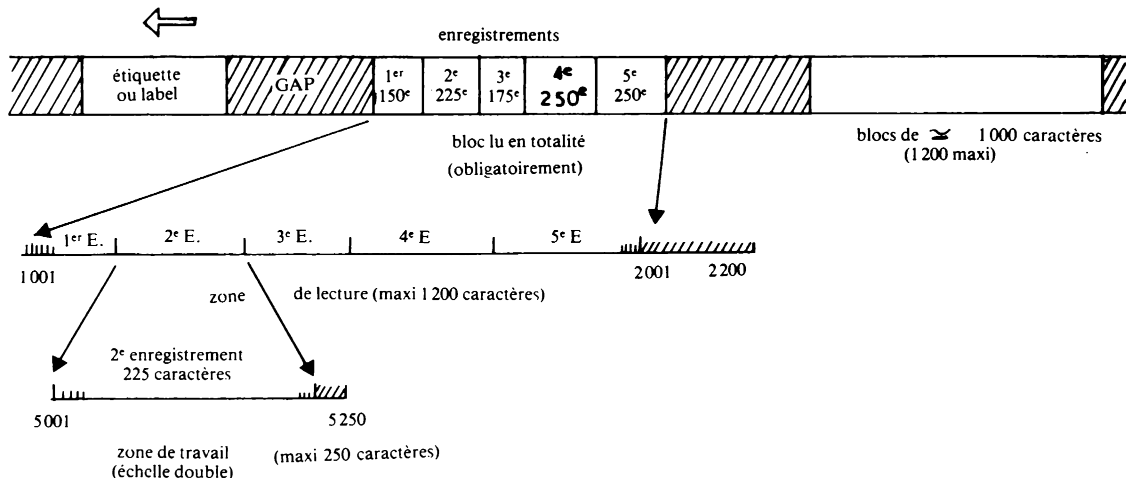


Figure 11.1 - Dégroupage des enregistrements par l'I.O.C.S.

Enoncé 5

Comment fonctionne un I.O.C.S. ?

Eléments de corrigé

Nous avons découvert au chapitre 8 les servitudes qu'entraînait le fonctionnement saccadé des dérouleurs de bandes magnétiques. La présence des GAPS inévitables est très coûteuse en place et en temps et l'on essaie toujours d'en réduire le nombre en constituant des blocs de plusieurs enregistrements logiques.

(1) Cette abréviation est imaginaire (Lecture Bande). En pratique il s'agirait d'un sigle anglo-saxon, probablement S.I.O. (Start Input Output).

De tels blocs sont lus globalement, de «gap à gap», par les dérouleurs de bande et doivent être introduits en mémoire centrale dans une première zone, dite «zone de lecture», et ensuite «dégroupés» en «enregistrements logiques» séparés, transférés ***«un par un»*** *dans une zone particulière de la mémoire centrale dite «zone de travail». Les programmes I.O.C.S. permettent précisément à l'utilisateur de demander la lecture d'un enregistrement sur une bande et son envoi dans cette* ***zone de travail,*** *en faisant abstraction de toutes les difficultés découlant du blocage de ces enregistrements ou d'autres servitudes technologiques. La figure 11.1 représente une portion de bande dans laquelle les blocs d'enregistrement dépassent mille caractères et comportent des «enregistrements logiques» de longueur variable et en nombre également variable. On voit, par exemple, que le premier bloc compte cinq enregistrements et forme un total de 1050 caractères, alors, que le deuxième comporte mille caractères. La zone de lecture réservée en mémoire centrale (positions de 1001 à 2200) correspond évidemment à la taille* ***maximale possible des blocs*** *(1200 c) et la zone de travail, prévue de 5001 à 5250, correspond à la* ***taille maximale d'un enregistrement.*** *Le fonctionnement du programme I.O.C.S. est symbolisé par l'ordinogramme de principe donné par la figure 11.2. On accède à cet I.O.C.S. depuis le programme principal, par une* ***macro-instruction,*** *«LEB» par exemple, qui ne sert qu'à nous brancher au début du sous-programme. Les opérations qui vont suivre se rapportent soit à des problèmes de dégroupage, comme évoqué ci-dessus, soit à des problèmes de contrôle et de sécurité dans le fonctionnement technique du dérouleur. On détecte aussi les erreurs éventuelles de manipulation de l'opérateur pouvant se tromper dans le choix de la bande magnétique à placer sur le dérouleur.*

Sur l'ordinogramme, nous trouverons, tout d'abord, un ***test*** *permettant de savoir si la* ***zone de lecture*** *est garnie d'enregistrements ou non. Dans le cas où cette zone est vide, le programme s'aiguille vers une opération de* ***lecture physique d'un bloc,*** *à partir de la bande. A l'opération n° 3 un nouveau test détermine si la lecture ainsi faite est valable (ou valide). Cette vérification se faisant par le contrôle de parité du nombre de «tops» magnétiques enregistrés sur la bande. Si ce contrôle est satisfaisant, nous nous aiguillons vers un troisième test (opération 4) qui détectera s'il s'agit du premier bloc lu sur la bande qui correspond alors à l'étiquette ou «label» du fichier permettant de s'assurer qu'il s'agit bien de la bande prévue au programme (opérations 5, 6 et 7).*

S'il ne s'agit pas du premier bloc ou «étiquette» le test nous a débranchés vers l'opération n° 8 qui permettra le dégroupage du bloc d'enregistrements transféré en mémoire centrale en «zone de lecture». Ce dégroupage consiste à isoler le premier enregistrement et à le transférer dans la zone de travail, puis la zone de lecture est effacée de manière à faire disparaître le premier enregistrement qui vient d'être livré dans la zone de travail (opération n° 9). On se branche ensuite à l'instruction du programme principal suivant immédiatement celle qui nous avait permis d'en sortir (LEB). Bien entendu, les opérations nécessaires à la recherche de la fin d'un enregistrement, à son transfert et à son effacement, notamment par décalage, posent de nombreux problèmes de détail que nous n'approfondirons pas.

Revenons à l'opération n° 3. Si le test a révélé une erreur de parité dans la lecture, cette lecture sera recommencée sept fois. Donc il faut savoir, à l'opération n° 10, si c'est la première lecture ou, plus exactement, si ce n'est pas la septième. Dans ce dernier cas, à l'opération n° 11, un «compteur de nombre de lectures» est majoré d'une unité. L'opération n° 12 fait ***revenir la bande en arrière de la longueur de tout un bloc*** *et le programme se rebranche à l'opération n° 2 où une nouvelle lecture est effectuée. A la septième tentative négative le circuit n° 13 provoquera l'impression d'un message d'erreur de parité avec arrêt de l'ordinateur. Evidemment, si au cours de ces sept lectures successives un test de validité se révèle positif, l'opération n° 3 aiguille le programme vers l'opération n° 8 où le transfert et le décalage ont lieu normalement. On peut se demander pourquoi sept tentatives successives de lecture sont exécutées. L'expérience a prouvé que la plupart des erreurs de validité proviennent de la lecture des poussières sur la bande et que la demi-douzaine d'allers et retours successifs, ainsi provoqués, suffisent généralement à faire disparaître ces poussières intempestives.*

Pour conclure, il convient de souligner que cet ordinogramme relativement simple a été considérablement allégé et que chaque symbole représente souvent plusieurs dizaines d'opérations à programmer en détail en langage-machine. De plus, cette partie de programme doit être exploitée séparément pour ***chaque*** *dérouleur utilisé en lecture, et un autre programme analogue et symétrique doit également se dérouler pour les dérouleurs utilisés en écriture. Quand on pense que parfois sept ou huit dérouleurs sont en service dans une unité de traitement, on jugera facilement de la complexité réelle de ce programme I.O.C.S. et de son* ***utilité fondamentale*** *quant au soulagement apporté au programmeur qui n'a plus à se soucier de tous ces «détails» de fonctionnement des dérouleurs de bandes magnétiques.*

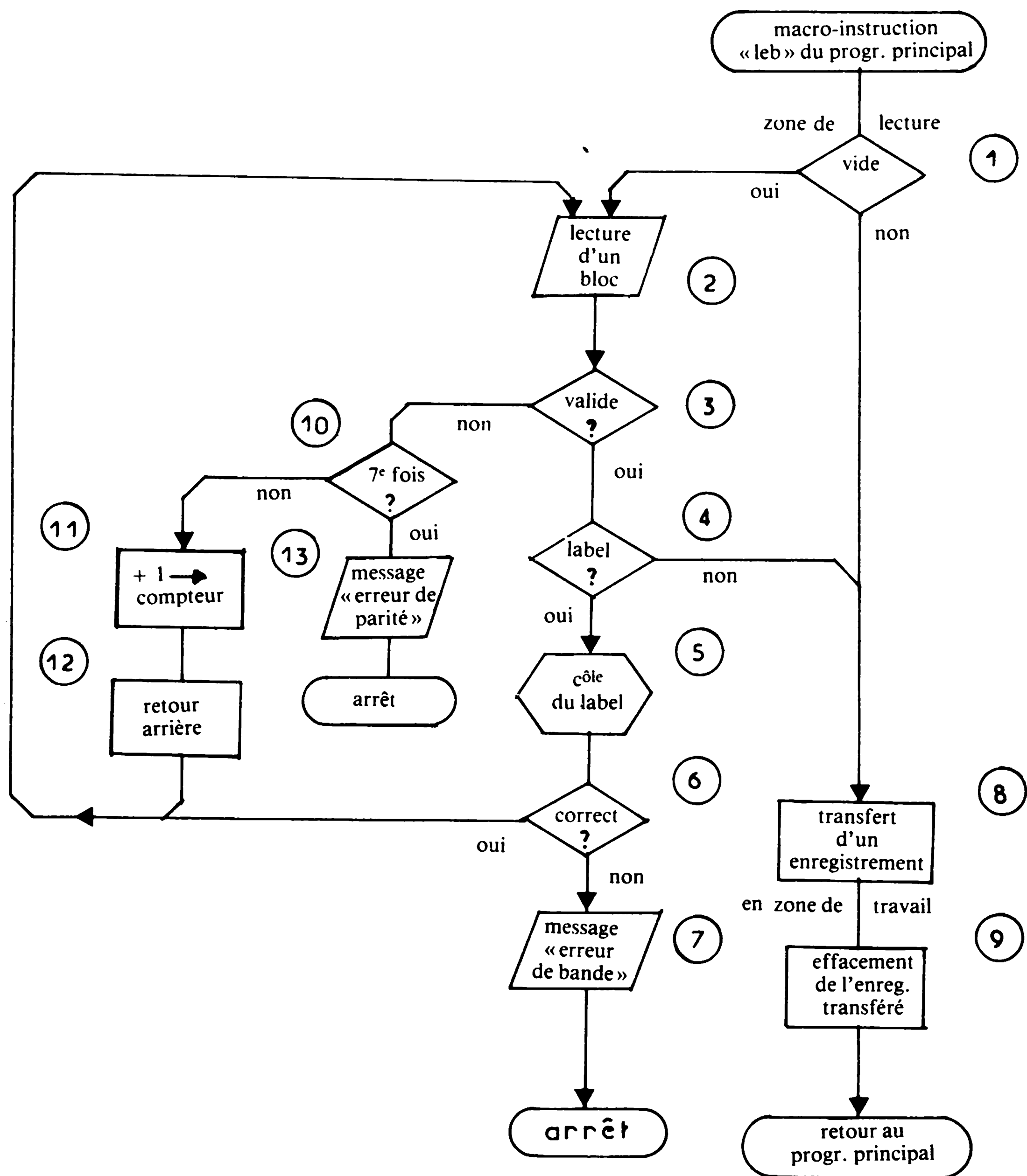


Figure 11.2 - Algorigramme de principe d'un sous programme de gestion de fichier ou I.O.C.S. (lecture seulement...).

Enoncé 6

Programmes généraux ou utilitaires.

Eléments de corrigé

Jusqu'à présent, tous les sous-programmes ou programmes que nous avons évoqués, *s'inséraient* d'une façon obligatoire et intime dans le programme écrit par l'utilisateur. Les programmes étudiés dans ce nouveau paragraphe, au contraire, présentent une autonomie à peu près totale; c'est dire, qu'à eux seuls, ils assurent le déroulement d'une unité de traitement presque sans l'intervention de l'utilisateur. Celui-ci, en effet, n'a plus qu'à programmer quelques «*cartes de contrôle*» ou de paramètre, pour «actualiser» les programmes généraux (utilitaires ou paramétrés) en question.

A titre d'exemple, on peut noter les programmes utilitaires suivants :
— programme de cartes à bandes,
— programme d'édition,
— programme de tri sur bande avec de nombreuses variantes,
— programme de copie du contenu de la mémoire centrale (DUMPS),
— programme de condensation ou de changement de format sur bande magnétique, etc.
— programme générateur de jeux d'essais.

Enoncé 7

Programme de tri sur bande magnétique.

Eléments de corrigé

Parmi tous les programmes utilitaires, le programme de tri-fusion des bandes magnétiques (SORT - MERGE) est le plus important en raison de l'obligation de mise en séquence des enregistrements de ce type de mémoire avant toute utilisation. Il existe plusieurs méthodes de tri. Nous étudierons la plus simple à comprendre et qui met bien en lumière les contraintes de cette opération délicate.

C'est la méthode équilibrée ou balancée qui nécessite au moins quatre dérouleurs.

Une première évidence est à souligner.

On ne peut déclasser et reclasser les enregistrements d'une bande magnétique sans les recopier sur une nouvelle bande. Il est donc incorrect de dire que l'on «trie une bande magnétique». En réalité, on la recopie dans un *autre ordre* sur une *nouvelle bande* en transitant par l'unité centrale.

Le problème pourrait donc se limiter à l'étude de ce programme de *tri interne* en mémoire centrale..., mais cela tient de la gageure, si l'on se souvient de la taille toujours exiguë de cette dernière. Il est impossible d'y stocker *tous* les enregistrements d'une bande et de les reclasser avant écriture sur une bande de sortie... On procède donc par étapes en triant des «morceaux de bande» les plus grands possibles. Chaque morceau ainsi trié porte le nom de *séquence* et est recopié sur une bande de sortie.

C'est la première phase dite de «tri interne» ou d'«éclatement» car chaque séquence va être recopiée *alternativement* sur UNE des DEUX bandes distinctes de sortie (TRI dit «à DEUX VOIES»).

C'est le point le plus remarquable de la méthode (Figure 11.3).

En effet, dans les phases suivantes, il suffira de fusionner ou INTERCLASSER deux **séquences** (1) pour n'en faire qu'une seule. En prenant soin de recopier les nouvelles séquences ainsi obtenues *alternativement* sur deux bandes distinctes en sorties, on pourra recommencer ces phases de fusion jusqu'à *ce que la DERNIÈRE fournisse une séquence unique* (1).

Le procédé peut paraître élémentaire et long... mais le nombre de séquences se réduit de façon exponentielle (deux fois moins à chaque passage). En dix fusions on peut réduire 1024 (2^{10}) séquences initiales en une seule.

---

(1) Il ne faut surtout pas confondre séquence et bloc. Les 2 notions ne sont similaires qu'au sortir de la 1re phase du tri interne. Ensuite, les séquences recouvrent un nombre de blocs croissant. Cet exemple est repris et développé dans notre manuel d'analyse.

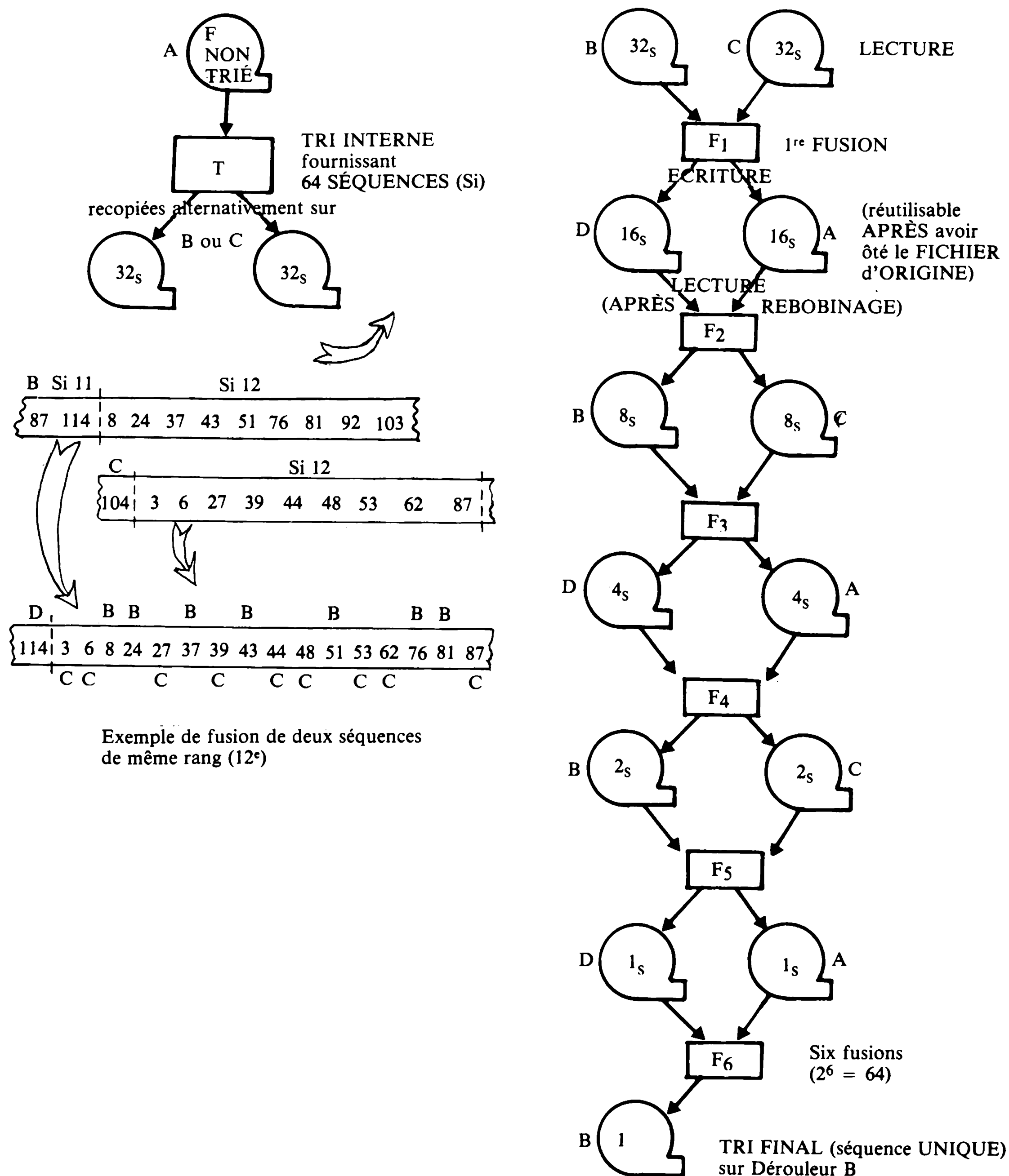


Figure 11.3 - Principe du tri par la méthode dite équilibrée (ou balancée) sur quatre dérouleurs (tri à 2 voies) A, B, C et D.

Le nombre de séquences initiales dépend uniquement de la *taille de la mémoire centrale* qui joue donc un rôle prépondérant dans la durée d'un tri. La vitesse des dérouleurs et leur nombre (six dérouleurs permettraient un éclatement en « trois voies ») influent également beaucoup sur cette durée. Pour une bande complète, elle peut s'étager entre dix minutes et une heure.

Les méthodes de tris internes sont également très nombreuses mais n'ont que peu d'influence sur la durée totale du tri.

Par contre, une particularité de certains dérouleurs peut être très efficace pour réduire le temps de tri : celle de lire les bandes dans *les deux sens,* ce qui permet alors d'amortir le temps des rebobinages indispensables (dispositif dit de LECTURE ARRIÈRE).

Le tri sur disques peut se dérouler de façon similaire, le programme découpant le fichier en segments simulant les différents dérouleurs. D'autres méthodes très variées sont aussi utilisables. D'une façon générale, un tri sur disques aurait tendance à être un peu plus rapide que sur bandes, sauf en cas d'emploi « d'hypertapes » (B.M. à 1 million de caractères par seconde et lecture arrière).

Enoncé 8

Programmes de service.

Eléments de corrigé

Contrairement à toute la partie du « software » étudiée jusqu'ici celle regroupée sous le nom de « programmes de service » n'est pas utilisée lors de l'exploitation normale des chaînes mécanographiques pour le traitement des informations proprement dit. Ces programmes sont essentiellement des aides apportées aux programmeurs, lors de la ***mise au point*** *du programme après sa première écriture. Toutes les opérations qu'ils réalisent ainsi, automatiquement, ont trait à des recherches d'erreurs ou d'anomalies dans les programmes, lors du passage de traduction éventuel initial ou lors du passage du* ***jeu d'essai*** *à la suite de la création des cartes-programme, la première fois. On distingue ainsi des programmes dits de « diagnostic », de « vraisemblance » ou de « détection d'erreurs » qui permettent de découvrir toutes les incompatibilités relatives aux différents codes de types d'opérations, voire des modalités d'écriture des adresses. De plus, pour faciliter l'analyse des traitements partiels, lors du passage du jeu d'essai, les programmes permettent de vider le contenu de la mémoire centrale à des moments précis du déroulement du programme, soit sur l'imprimante, soit sur une bande magnétique. Ce vidage peut, d'ailleurs, être prévu en cours d'exploitation et constitue alors ce que l'on appelle des* ***« points de reprise ».*** *Ces derniers permettent de retrouver l'image du contenu de la mémoire centrale à un moment précis et autorisent ainsi la reprise du travail, après incident, à un point qui peut être très éloigné du début initial du traitement. Les programmes de « points de contrôle » ou « points de reprise » sont fréquemment imbriqués dans l'I.O.C.S. évoqué ci-dessus. Il existe également des programmes dits de « maintenance » permettant de modifier rapidement, de mettre à jour, un programme qui doit subir une modification souvent secondaire, et ceci sans conduire à une écriture importante. L'ensemble de ces programmes de servitude est quelquefois connu sous le sigle « A.I.D.S. » (Automatic Integrated Debugging System).*

Il existe aussi des « analyseurs syntaxiques » se contentant de déceler les erreurs formelles (ou fautes d'orthographe) dans un programme en langage évolué, avant sa traduction ou compilation proprement dite.

Enoncé 9

Programmes traducteurs.

Eléments de corrigé

Chaque fois que le programmeur utilise un langage simplifié ou synthétique, il est nécessaire de le traduire en langage-machine ou langage binaire. C'est l'ordinateur qui assure cette traduction mais il doit alors *être lui-même programmé* pour ce faire.

Les constructeurs fournissent donc ces programmes de « transformation » écrits eux-mêmes en langage-machine. Leur existence, leur performance et leur encombrement en mémoire sont tout à fait déterminant quant au choix possible du langage de programmation effectivement utilisable.

Ainsi le langage P.L.1. n'est pas toujours utilisable soit parce que le programme traducteur n'existe pas du tout chez le constructeur considéré, soit que son occupation de place en mémoire centrale dépasse la capacité de la machine.

Selon les niveaux de langages de programmation que nous avons définis au chapitre précédent, les programmes de traduction portent des noms particuliers correspondant à des nuances de fonctionnement que nous négligerons.

On distingue donc :
— Les *traducteurs* proprement dits pour le niveau 1 (langage autocodeur et assembleur).
— Les *générateurs* pour le niveau 2 (GAP ou RPG).
— Les *compilateurs* pour le niveau 3 (langages universels orientés application). Ils sont de puissance très diverses à tel point que l'on doit faire des nuances quant aux langages correspondant.

Ainsi on distingue trois « FORTRAN » II, III ou IV et cinq « COBOL » D, E, F, G, H plus la version standard américaine dite ANS ou USASI.

Ces nuances intéressent des « clauses » complémentaires qui ne sont utilisables que sur certain compilateur. Par exemple, dans une division, l'obtention du « reste » par la clause REMAINDER n'est pas possible sur les versions inférieures du COBOL (2).

Toutefois, une « compatibilité ascendante » est toujours respectée, un programme COBOL E sera compris par un compilateur F mais non l'inverse.

Les *interpréteurs* interviennent pour le niveau 4 et assurent un contrôle syntaxique des lignes de programme en temps réel. Pour cette raison, ils sont souvent enregistrés à demeure dans une mémoire morte (ROM).

Enoncé 10

Les systèmes d'exploitation ou Operating Systems.

Eléments de corrigé

On pourrait définir globalement ces systèmes comme des programmes de gestion et d'organisation de toutes les ressources de l'ordinateur selon son mode de traitement.

Il faut distinguer trois cas selon que l'ordinateur travaille :
— en batch et en monoprogrammation
— en multiprogrammation
— en télétraitement.

Il y correspond trois types de système d'exploitation connus sous les noms(1) de :
— T.O.S. ou D.O.S. sur les ordinateurs de deuxième génération travaillant en monoprogrammation.
— O.S.-MFT ou O.S.-MVT pour la multiplogrammation O.S.-VSE pour mémoire virtuelle.
— VTAM, TCAM ou CICS pour le télétraitement.

Tous ces systèmes comportent une partie principale stockée en permanence en mémoire centrale et appelée pour cette raison « système résidant » ou noyau ou moniteur ou superviseur, etc... Elle peut appeler les autres parties de l'O.S. nécessaires ou n'importe quel autre programme à exécuter ou compiler, etc...

De nouveaux systèmes plus modulaires seront prochainement disponibles sous le nom de SIPO (System Installation Productivity Option).

---

(1) Nous avons utilisé les sigles du principal constructeur actuel. Une grande variété règne à ce sujet, chaque constructeur ayant baptisé son système d'exploitation d'un nom commercial particulier : GECOS, SIRIS, MOB, etc...

(2) Pour limiter ces inconvénients, d'importants utilisateurs français ont mis au point un « COBOL Commun » dit COBOL « C » publié par le B.I.A.D.I. et l'AFNOR (Normes Z 65 210 et Z 65 220).

Enoncé 11

Système d'exploitation simple T.O.S. et D.O.S.

Eléments de corrigé

Pour bien comprendre le rôle d'un programme de gestion de l'ordinateur, il faut rappeler les différentes manipulations que peuvent nécessiter les traitements dans un service informatique. Contrairement aux machines à cartes perforées classiques, tous les travaux s'exécutent sur un seul type de machine : l'ordinateur. Ce matériel doit, avant de pouvoir exécuter un travail quelconque, aussi simple et élémentaire soit-il, ***être «chargé» du programme*** *correspondant en mémoire centrale préalablement à tout traitement. Ce chargement peut nécessiter des manipulations nombreuses, notamment si certains programmes de la maison sont écrits en «Autocode», d'autres en «Fortran», d'autres en «Cobol», par exemple. Il en résulte des pertes de temps considérables qui ont longtemps hypothéqué l'exploitation correcte des fichiers sur ordinateur, donnant des temps pratiques notoirement éloignés de ce que l'on était en droit d'espérer lors de l'étude. Les constructeurs ont donc cherché à aider, là aussi, l'utilisateur, en mettant au point un système de programmes lui permettant de réduire les manipulations et* ***d'enchaîner les différents travaux*** *beaucoup plus automatiquement.*

Sans entrer dans trop de détails, on peut dire qu'un tel système permet à l'utilisateur de préparer d'avance toute une journée de travail à confier à l'ordinateur. On constitue, pour ce faire, une collection des programmes à traiter dans l'ordre désiré, collection appelée «batch» ou fournée. Entre les différents programmes, on peut insérer immédiatement les informations à traiter si elles sont alors disponibles et de faible volume. Les programmes ainsi rassemblés peuvent être écrits en langages différents : «Autocode», «Cobol», «Fortran», programme «généré» ou au contraire, directement en langage-machine. Le système d'exploitation automatique comportera nécessairement les différents ***programmes traducteurs et compilateurs*** *et détectera si, avant l'exécution, il est nécessaire d'effectuer une traduction ou une compilation. L'enchaînement des différents travaux dans la journée sera ainsi automatique, l'ordinateur signalant, par l'intermédiaire de l'«imprimante de message» du pupitre, toutes les anomalies ou incidents, ou* ***demandant les manipulations nécessaires complémentaires,*** *telles que changement de bandes sur un dérouleur, voire changement de papier sur l'imprimante. Il est certain que pour les ordinateurs de la 2e génération, un tel système pouvait déjà rendre de grands services, à condition, bien sûr, que les travaux et la planification de leur enchaînement soit minutieusement étudiée et préparée à l'avance de façon rigoureuse et systématique.*

Le sigle T.O.S. signifie Tape Operating System et était utilisé pour les ordinateurs ne comportant que des bandes magnétiques dont un dérouleur était d'ailleurs réservé aux différents programmes du système. Il a été rapidement remplacé par le D.O.S. Disk Operating System plus pratique évidemment, notamment à cause de la présence du disque qui permet de stocker tous les segments du moniteur non permanents mais aussi tous les programmes utilitaires (I.O.C.S. et tris notamment) et tous les programmes traducteurs des différents langages utilisables.

Un des inconvénients de ce système est son encombrement en mémoire centrale (12 K minimum) dont une partie appelée «Overlay» permet l'appel de «segments» ou «modules» ou «symbionts» sucessifs depuis le disque dont l'ensemble peut faire 40 K (sans compter les utilitaires et traducteurs).

Enoncé 12

Système d'exploitation et multiprogrammation.

Eléments de corrigé

Nous avons découvert précédemment toutes les complications résultant du travail en multiprogrammation. Le système d'exploitation doit alors être très sophistiqué bien que son appellation soit plus simple : O.S. ou Operating System mais on y ajoute obligatoirement une précision importante sous forme des sigles MFT (Multiple Fixed Tasks) ou MVT (Multiple Variable Tasks).

Dans le premier cas (MFT), la mémoire centrale est découpée en partitions de tailles prédéterminées et généralement différentes avec une priorité également prédéfinie.

Dans la deuxième (MVT), la multiprogrammation est dite dynamique et le système s'efforce de « saturer » au mieux la mémoire centrale et les périphériques (revoir chapitre 9 énoncés 12 à 16).

Le système doit alors résoudre plusieurs problèmes déterminants relatifs :
- *à la disponibilité hardware permettant le traitement d'un programme*
- *à la priorité des différents programmes*
- *aux interruptions diverses provenant des canaux ou du pupitreur. Il est très courant dans ces conditions, de devoir disposer de près de 100 K en mémoire centrale.*

Une version encore plus complexe intéresse la gestion de la mémoire virtuelle (revoir chapitre 9 énoncé 21). Elle s'intitule alors OS - VS (Virtual Storage).

Enoncé 13

Système d'exploitation en télétraitement.

Eléments de corrigé

En ce qui concerne l'ordinateur central, un OS-VS-MVT « suffirait » avec simplement une comptabilité des temps d'utilisation des différentes parties de l'ordinateur par les différents utilisateurs, ce que permet l'existence d'une horloge interne.

Mais le système doit aussi gérer le réseau de télécommunications.

C'est pourquoi on doit toujours disposer d'un O.S. spécialisé supplémentaire appelé en français MTT ou Moniteur de Télétraitement. Ce sigle se retrouve en anglais sous la forme T.A.M. (Telecommunication Acces Method) dans les noms commerciaux de la plupart des MTT en service (BTAM, TCAM, VTAM).

Le chapitre 14 sera consacré à l'étude d'ensemble de la téléinformatique mais il faut préciser ici les trois variantes possibles quant à la constitution du réseau de télétraitement qui peut être :
- *centralisé : un seul ordinateur central,*
- *hiérarchisé : l'ordinateur central dispose d'ordinateurs de communication régionaux (O.C.R.) qui forment les « nœuds » d'une arborescence de terminaux,*
- *distribué : les O.C.R. sont indépendants et reliés entre eux sans idée de hiérarchie.*

Le second type surtout, a été développé par le principal constructeur sous le nom de S.N.A. ou Architecture unifiée de réseau, doté d'un O.S. particulier dit V.C.N.A. (Virtual Communication Network Architecture).

Dans ce cas, le MTT est un VTAM (Virtual T.A.M.) qui doit « programmer » ses ordinateurs subalternes dans un langage particulier dit NCP (Network Control Program). Ces derniers assurent l'acheminement, le contrôle et le stockage des messages dans des mémoires tampons en gérant les files d'attente inévitables...

Les modalités de transmission s'effectuent vers les terminaux microprogrammés selon un « protocole » dit SDLC (Synchronous Data Link Control) permettant une transmission par paquets qui a remplacé le BSC (Binary Synchronous Control) nécessitant de nombreux allers et retours.

On imagine facilement la complexité de l'ensemble sans parler des contraintes dues au monopole des transmissions dans certains pays. Un comité international : le CCITT (Comité Consultatif International de Télégraphie et Téléphonie) s'efforce de normaliser tous les aspects du télétraitement en publiant des « avis » assez suivis, notamment par les petits constructeurs...

Une variante importante, T.S.O. permet de travailler en Time-sharing.

Enoncé 14

Le dialogue pupitreur-système.

Eléments de corrigé

Malgré toute sa puissance, un système d'exploitation ne saurait deviner les intentions de l'utilisateur... Les diverses fonctions du système doivent donc pouvoir être commandées à volonté. Il existe pour ce faire un «superlangage» appelé J.C.L. (Job Control Language) qui permet de donner des ordres au système en lui précisant la nature des travaux à exécuter.

Par exemple :
- compiler un programme COBOL avec ou sans impression du langage machine correspondant et/ou de la liste des erreurs,
- exécuter un programme déjà stocké en bibliothèque (dit catalogué sur le disque),
- effacer un tel programme,
- fournir la liste de tous les programmes catalogués,
- etc...

Ces précisions peuvent être fournies de trois façons :
- directement par le pupitreur grâce aux touches de commande du pupitre possédant fréquemment une véritable machine à écrire ou un visuel à clavier,
- par des *«cartes de contrôle»* placées en tête des «jobs» ou travaux à exécuter en batch sur le site (en local) ou à distance,
- par les claviers des terminaux ou consoles dans un système de télétraitement.

C'est dans cette dernière version que le rôle et le fonctionnement d'un système d'exploitation est le plus facile à comprendre. Nous en donnerons un exemple d'application dans un système de Time Sharing.

Enoncé 15

Exemple de dialogue permis par un O.S. de télétraitement.

Eléments de corrigé

A titre d'illustration, nous allons reprendre l'exemple en BASIC du chapitre précédent en exposant en détail les manœuvres complémentaires à exécuter, avant et après, l'introduction du programme ainsi que les différents messages que la machine divulguera à cette occasion.

Le système d'exploitation Time-Sharing commence par nous transmettre éventuellement quelques messages indicatifs sur les particularités d'exploitation de la journée (heures de fermeture imprévues ou incident quelconque gênant l'exploitation habituelle). Puis l'heure et la date sont imprimées et le système nous demande de préciser notre numéro d'utilisateur (User Number ?). L'opérateur frappe alors ce code sur la console et s'il y a correspondance avec celui affecté à la ligne, le système continue. Bien entendu, ce numéro doit être connu des seuls utilisateurs autorisés à employer la machine et évite de ce fait toute fraude d'utilisation. Ensuite le mot «System» est imprimé, nous invitant à répondre en précisant quel langage nous allons utiliser (BASIC dans ce cas).

Nous devons encore préciser s'il s'agit d'un nouveau ou d'un ancien programme (new or old) et quel est son nom (CALM01). S'il s'agit d'un ancien programme, le système le recherche en biliothèque et nous demandera d'attendre (WAIT). Lorsqu'il est trouvé, la machine tape alors «READY» et nous pouvons exploiter le programme en question en frappant «RUN» (voir Figure 11.4).

Dans le cas de notre exercice précédent, il s'agissait d'introduire un nouveau programme. Nous aurions alors tapé le mot «NEW» suivi d'un nom qui aurait ensuite servi à identifier le programme en question. Supposons par exemple que nous appelions ce programme «EXPONEN» puisqu'il s'agissait de calculer des exponentiations sucessives, l'impression «READY» nous invite alors à frapper le programme ligne par ligne en numérotant chaque ligne obligatoirement (voir Figure 11.5). C'est en effet ce numéro en tête d'une ligne qui repèrera les instructions de programme de l'utilisateur par rapport aux ***«mots de contrôle»*** *qui sont frappés sur des lignes* ***non numérotées.***

A la fin du programme, nous tapons l'ordre END puis, si nous désirons l'exploitation immédiate, l'ordre RUN. Si la machine ne détecte pas d'erreurs de syntaxe (ou de frappe), notre programme sera immédiatement exécuté et l'état représenté en Figure 10.8 du chapitre précédent sera immédiatement

```
X@P@
PAREFG[redacted]

FERMETURE DU CENTRE A 21H

[redacted] SERVICE TIME-SHARING

ON AT  10:17   PARIS2 11/06/[redacted]   TTY  5

USER NUMBER--P34001
SYSTEM--BASIC
NEW OR OLD--OLD
OLD FILE NAME--CALMO1
WAIT.

READY.
RUN
```

Figure 11-4

```
LE 28 AVRIL [redacted] , MISE A JOUR DE STATUS***

[redacted] SERVICE TIME-SHARING

ON AT  13:16   PARIS2 30/04/[redacted]   TTY 16

USER NUMBER--P34001
SYSTEM--BASIC
NEW OR OLD--NEW
NEW FILE NAME--EXPONEN
READY.
```

Figure 11-5

```
BN-O--RUN
WHAT?
BN--RUN
WHAT?
```

```
INCORRECT  FORMAT     IN  160
INCORRECT  FORMAT     IN  220
```

Figure 11-6

imprimé. Un nouveau message «READY» nous demandera alors nos intentions. Nous pourrions, par exemple, demander la «liste» de notre programme en tapant «LIST». La frappe du mot «SAVE» stockerait le programme sur les disques sous le nom «EXPONEN» à utiliser à l'avenir pour le rappeler en mémoire centrale (après OLD).

Si notre intervention est terminée, il suffit de taper «BYE» le système provoque alors l'impression de la durée d'emploi de l'unité centrale (quelques secondes seulement en général) avant de se déconnecter automatiquement.

Bien entendu, si quelques erreurs de syntaxe avaient été découvertes lors de notre demande d'exploitation, le système l'aurait signalé par des messages analogues à ceux représentés en Figure 11.6. Nous aurions dû alors rectifier les lignes correspondantes avant de pouvoir exécuter le dit programme.

Ces rectifications se seraient effectuées de façon extrêmement simple en frappant à nouveau le contenu correct de la ligne d'instruction en question, identifiée par le même numéro précédemment employé.

Enoncé 16

Les programmes d'émulation ou de simulation.

Eléments de corrigé

Arrivé à ce point de notre étude, on pourrait considérer que le «software» accompagnant un ordinateur réalise toutes les fonctions que l'on pouvait espérer voir prises en charge plus ou moins directement par le constructeur lui-même. L'utilisateur conserve uniquement la programmation logique de ses propres problèmes qu'il est jusqu'à preuve du contraire, le plus apte à exposer et à traiter. Toutefois, un domaine supplémentaire est encore assuré par le «software». Il s'agit des programmes d'émulation.

Un programme d'émulation ou de simulation ne sert pratiquement pas en cours de traitement, une fois qu'un ordinateur est installé et «rodé». Par contre, lors de l'installation d'un nouveau matériel, ***en remplacement d'un ordinateur précédent,*** *la transformation des programmes écrits pour l'ancienne machine nécessite des investissements considérables en «matière grise» et en temps d'écriture et de perforation des programmes. Evidemment, si l'entreprise a l'habitude d'écrire ses programmes en langage évolué universel, «Fortran ou Cobol», ces investissements et inconvénients seront limités au minimum. Malheureusement, il est loin d'en être toujours ainsi. Les constructeurs ont donc mis au point des programmes dits de simulation ou d'émulation permettant d'utiliser des langages-****autocodes****(1) écrits pour un ordinateur différent de celui qu'ils fournissent. Il s'agit là encore, d'une traduction, mais toutefois, on peut dire que plutôt que de modifier le programme original, les programmes d'émulation* ***simulent, en quelque sorte, le matériel périmé*** *et permettent l'utilisation des programmes tels quels, mais* ***sans en assurer une transposition*** *réelle sur un nouveau support. Ces «simulateurs» sont donc très utiles dans une phase provisoire pour le démarrage du système, en attendant que l'ensemble des programmes ait pu être réécrit correctement. Cette partie du «software» connaît un développement très variable selon les constructeurs. C'est surtout chez les nouveaux constructeurs que de tels programmes ont été mis au point pour permettre l'utilisation de programmes très nombreux, déjà exploités sur des matériels de constructeurs plus anciens. Il est parfois nécessaire d'adjoindre à la machine quelques circuits complémentaires dits «émulateur».*

(1) En pratique ce sont généralement les programmes binaires correspondant qui sont utilisés.

12 Préparation de la programmation Les analyses informatiques

Faisant suite à l'étude du fonctionnement de l'unité centrale de l'ordinateur sous le contrôle du programme binaire enregistré dans sa mémoire, il nous a semblé tout naturel de poursuivre par celle des langages de programmation et de leur environnement logiciel.

En réalité, la programmation n'est que l'aboutissement d'une longue démarche, souvent hésitante, connue sous le nom d'analyse informatique qui comporte elle-même plusieurs phases que nous allons rapidement survoler (1).

Enoncé 1

Les principales phases d'une informatisation.

Eléments de corrigé

Pour mettre en évidence les différentes phases de la mécanisation d'une « application informatique », nous supposerons qu'une seule personne pourra s'occuper de toutes les études successives et complémentaires depuis l'origine du projet jusqu'à la première exploitation sur machine. En pratique, cette conception est à la limite du possible; d'abord, parce qu'elle supposerait, de la part du responsable, une somme de connaissances techniques et économiques considérable et ensuite parce qu'elle nécessiterait un temps d'étude beaucoup trop long. Il s'agit toujours d'un travail d'équipe dont la composition, d'ailleurs, devra varier en cours d'étude selon les phases considérées.

On peut distinguer huit phases dans toute étude de mécanisation informatique. En fait, deux grandes périodes sont à distinguer, de part et d'autre de la *commande définitive du matériel.* Avant cette commande, il s'agit d'« études gratuites » au cours desquelles tous les changements d'opinion et hésitations sont permis. Ultérieurement, au contraire, il ne s'agira plus que de préparer la venue du matériel et sa mise en route définitive en évitant de remettre en cause les principes adoptés, tout au moins jusqu'à l'obtention des premiers résultats.

On distingue donc les huit phases suivantes :

— Enquêtes préalables et objectifs;
— Analyse fonctionnelle;
— Cahier des charges et appel d'offres;
— Dépouillement de l'appel d'offres et commande du matériel;

(1) Toutes ces phases sont approfondies dans nos manuels « Entraînement aux analyses informatiques » - Tomes 1 (Analyse fonctionnelle) et 3 (Analyse organique).

— Analyse organique : organisation des fichiers et du traitement;
— Préparation de la programmation;
— Programmation proprement dite;
— Compilation, essais et mise au point.

Enoncé 2

Enquête administrative préalable.

Eléments de corrigé

Tout projet de mécanisation informatique doit être précédé d'une connaissance sérieuse et approfondie des procédures déjà employées dans l'entreprise à mécaniser. Ceci peut paraître évident mais l'expérience prouve que la plupart des déboires à déplorer, dans l'emploi d'un ordinateur, proviennent d'une analyse insuffisante des travaux à mécaniser. Cette analyse présente évidemment un aspect rébarbatif et un coût de revient non négligeable si on l'effectue sérieusement. Nous considérerons que c'est un analyste étranger au personnel de l'entreprise qui en sera chargé. Il aura donc tout à apprendre de l'organisation administrative de la firme mais, par contre, ne sera pas influencé par les idées préconçues et la routine, comme c'est trop souvent le cas.

Pour comprendre comment fonctionnent les bureaux et les services d'une entreprise quelconque, il est nécessaire de procéder d'une façon méthodique et analytique en se livrant à des interviews et enquêtes mettant en lumière les circuits d'informations dans l'entreprise, les documents utilisés et les traitements et opérations effectués sur ces informations. On n'est jamais trop précis ni trop minutieux à ce point de vue. Si ce «travail d'épluchage» préalable a été bien fait, il arrive fréquemment que l'informaticien ait une vue globale du fonctionnement de l'entreprise, supérieure en qualité et en profondeur, à celle de la plupart des cadres, souvent obnubilés par leur propre service et écrasés sous des problèmes accidentels quotidiens qui les empêchent de remettre en cause les grandes options (Figure 12.1). De nombreuses méthodes existent relativement à la façon de conduire les enquêtes, d'étudier les divers documents et de résumer l'ensemble sous forme de diagramme synoptique permettant de photographier, en quelque sorte, les processus appliqués avant mécanisation (Revoir tome 1, chapitre 2).

Enoncé 3

Objectifs à atteindre. Politique informatique.

Eléments de corrigé

Un autre point très important doit être souligné avant tout démarrage effectif de l'étude : se faire préciser sans ambiguïté ***quels sont les buts et les améliorations*** attendus de l'emploi de l'informatique. Les buts recherchés peuvent être très divers voire contradictoires, notamment en fonction du budget accordé pour ces travaux. On peut citer notamment :
— Une accélération du traitement avec ou sans «temps réel»...
— Une amélioration de la qualité des résultats.
— L'obtention de renseignements complémentaires (statistiques notamment).
— Une intégration plus poussée de certaines opérations (gestion de stock simultanée à la facturation par exemple).

La politique informatique doit aussi être définie à plusieurs points de vue :
— Indépendance totale ou partielle du Service informatique (recours aux SSCI, partage du matériel avec d'autres entreprises sous forme de G.I.E.);
— Centralisation ou répartition des moyens informatiques;
— Télétraitement inutile, souhaitable, indispensable;
— Informatisation progressive ou intégrée (M.I.S.).

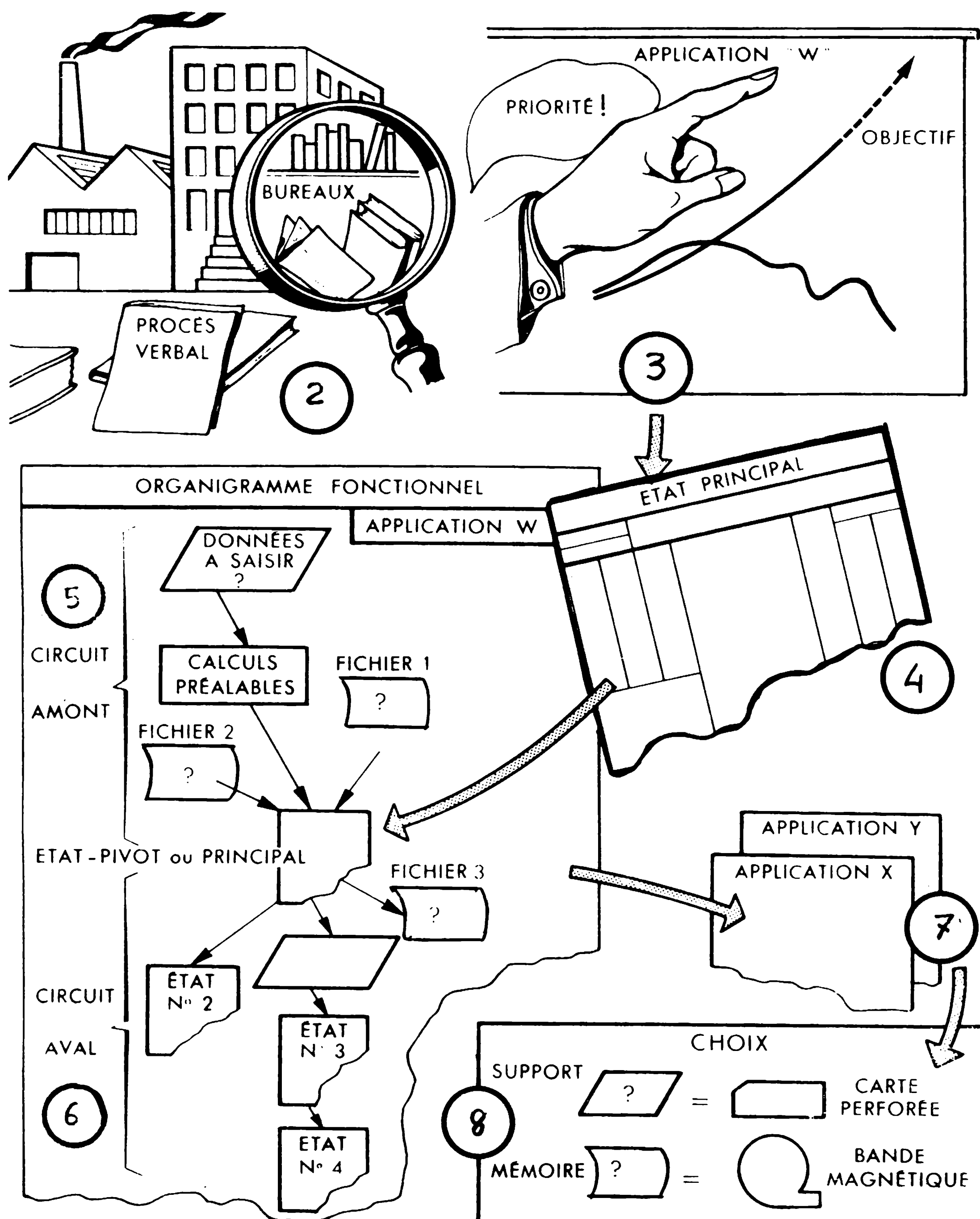


Figure 12.1 - Début de l'analyse (les numéros cerclés correspondent aux énoncés).

Même si le souhait de la direction est d'arriver à une gestion intégrée automatique de l'entreprise, il est nécessaire de prévoir des priorités dans le démarrage de cette mécanisation. L'informaticien est généralement très mal placé pour découvrir ces priorités, sauf si l'enquête lui a révélé des lacunes importantes. La Direction se doit de préciser dans quel ordre les différents travaux seront successivement mécanisés (Figure 12.1).

Nous touchons là un problème particulièrement délicat. Nombre d'informaticiens préconisent d'essayer de tout mener de front à seule fin de rentabiliser immédiatement un ordinateur très puissant grâce auquel des problèmes techniques, notamment au niveau du Software, pourront être plus aisément résolus. Cette façon de raisonner nous semble peu réaliste et très coûteuse quand on sait que de tels démarrages s'étaleront sur plusieurs années avec des tâtonnements et des hésitations inévitables. On aboutit ainsi à payer pendant de nombreux mois la location de potentialités de l'ordinateur qui ne seront utilisées que beaucoup plus tard. Il semble plus raisonnable de procéder par étapes, en mécanisant d'abord les travaux les plus rentables ou les plus cruciaux, quitte à modifier ultérieurement la composition du matériel informatique. D'ailleurs l'apparition des ordinateurs de troisième génération, *compatibles et modulaires,* a enlevé toute acuité à ce problème puisque, théoriquement tout au moins, les constructeurs s'engagent à faire croître la taille de l'ordinateur en fonction des besoins de l'entreprise.

Cette polémique date donc de l'époque où le changement de l'ordinateur était une aventure mais aujourd'hui, il n'y a plus d'inconvénient majeur à procéder prudemment en commençant par les travaux manifestement les plus urgents.

De toute façon cette conception présente un intérêt didactique évident qui cadre parfaitement avec l'objet de ce manuel.

Enoncé 4

L'analyse fonctionnelle.

Eléments de corrigé

Donc, une fois un travail prioritaire isolé, on en étudiera les modalités d'application en priorité.

Nous abordons ici la difficulté majeure de l'analyse informatique. Plusieurs méthodes sont concevables pour passer de ce qui existe à ce qu'il est souhaitable de faire. L'essentiel *est d'en avoir une.* Celle que nous préconiserons n'est pas forcément la meilleure, disons qu'elle a l'avantage d'être rodée et de permettre une approche progressive des problèmes toujours dans un but didactique.

Contrairement à ce que pourrait croire le profane, l'étude d'une mécanisation ne commence pas par le dessin d'une carte perforée ou d'un enregistrement sur disque.

On suppose, en quelque sorte, le « problème résolu » en s'efforçant de mettre au point un « *modèle d'état* » regroupant les résultats les plus importants à obtenir et surtout le maximum de « rubriques » informatiques à utiliser.

Ce document présentera ainsi la trace imprimée de la fonction principale à réaliser dans l'application. Il est appelé pour cela « *Etat-Pivot* ». Il est généralement facile à découvrir ou imaginer. Par exemple ce sera le « *bulletin de salaire* » dans un problème de paye, la *facture* dans la mécanisation des ventes, etc...

On s'efforce d'en mettre au point un modèle mécanographique qui est soumis à la direction et éventuellement à d'autres parties prenantes (syndicats pour la paye, par exemple). Leur accord obtenu, nous disposons alors d'une base solide pour poursuivre l'étude en distinguant deux phases sucessives :
— l'étude du « circuit amont » ;
— celle du « circuit aval ».

Enoncé 5

L'étude du « circuit Amont ».

Eléments de corrigé

Il s'agit maintenant de découvrir les procédures (les plus économiques ou les plus rapides selon les buts prescrits) qui permettront d'obtenir mécaniquement l'état-pivot retenu. Cette étude, ce cheminement qui va nous faire remonter aux sources des informations s'appelle tout naturellement le « circuit Amont ». Dans ce circuit, le choix d'un support primaire et l'information et la mise au point des conditions de sa création (document de base, codification, prix de revient) constituent fréquemment la partie la plus importante de toute l'étude. Il arrive de plus en plus souvent que le coût de la saisie par frappe sur clavier de perforatrice ou encodeur de bandes ou de disquettes, soit de beaucoup supérieur au prix de location de l'ordinateur proprement dit (et encore sans parler des frais antérieurs de recopie ou de codification manuelles).

Cette constatation banale est rarement mise en lumière ; les informaticiens en font un complexe.

La mise au point du circuit Amont nécessitera aussi le choix des mémoires auxiliaires supportant les fichiers permanents et l'étude d'opérations préliminaires indispensables (tris, fusions, mises à jour, etc...).

Ces divers choix ne peuvent se faire empiriquement, ils nécessitent des évaluations de volumes, de délais et de prix de revient non évidents.

On établit donc généralement un premier organigramme provisoire dit organigramme fonctionnel (voir Figure 12.1).

Enoncé 6

L'étude du « circuit Aval ».

Eléments de corrigé

Le « circuit Aval » regroupe toutes les opérations et tous les états qui vont « découler » des données et résultats ayant permis d'éditer *l'état-pivot.*

Par exemple, dans un problème de paye, le journal de paye, les enveloppes, les virements, le décompte de monnaie, les états aux divers destinataires des retenues (S.S., Retraite, Mutuelle, etc...), les statistiques de main-d'œuvre, ne feront que reprendre des éléments déjà présents sur les bulletins avec quelques compléments souvent mineurs (parts patronales par exemple). Il s'agit de mémoriser, regrouper, classer toutes ces informations avec quelques calculs complémentaires pour pouvoir éditer tous ces documents.

Les difficultés sont moins grandes que dans le circuit Amont mais les volumes mis en jeu pour les fichiers temporaires ou les lignes d'impression peuvent être déterminants pour les choix qui vont suivre.

Enoncé 7

Etude sommaire des autres applications.

Eléments de corrigé

Une fois le travail prioritaire ainsi dégrossi, il convient de s'occuper plus sommairement des applications qui suivront immédiatement. En effet, il serait peu judicieux de tout baser sur une seule application, sous prétexte qu'elle est la plus urgente, alors qu'elle n'est peut-être pas la plus volumineuse ou la plus coûteuse au point de vue informatique. Sans entrer dans trop de détail, il est souhaitable de pouvoir évaluer rapidement les charges à prévoir immédiatement après l'exécution du premier travail prioritaire.

Enoncé 8

Choix du type de matériel et organigramme de traitement.

Eléments de corrigé

Ces analyses fonctionnelles réalisées, l'informaticien qui, à ce niveau, se pare du titre d'analyste-concepteur, ou d'ingénieur informaticien, doit être en mesure de choisir définitivement un type de matériel et les *supports* d'information. Par exemple, il préconisera, soit un ordinateur à disques magnétiques, soit un ordinateur à bandes, voire un ordinateur de bureau. De même pour la saisie des informations, il aura dû préciser si le système classique de création de support par frappe manuelle est applicable ou si des procédés plus évolués tels le marquage, la lecture optique, le ruban perforé, le télétraitement, etc... sont intéressants et plus rentables pour l'application étudiée. Ces premiers choix sont indispensables à préciser avant de passer à la phase suivante (Figure 12.1).

Tous ces choix vont permettre de lever les doutes de l'organigramme fonctionnel et de le transformer ainsi en «*organigramme de traitement*» (ou d'enchaînement des opérations ou «des données» selon la terminologie de l'AFNOR) faisant apparaître les différents passages en ordinateur. Tous les problèmes techniques pouvant se poser à ce niveau : tris, mises à jour, calculs préalables, etc... devront être résolus. Les différents états du circuit aval seront obtenus par autant de passages d'impressions en principe (Figure 12.2).

Enoncé 9

Portrait-robot du matériel - cahier des charges.

Eléments de corrigé

A partir de cet organigramme, compte tenu du nombre de lignes à imprimer ou de cartes à lire, et des délais impartis par la Direction pour l'exécution des différents travaux, on se livre alors à un calcul de «dimensionnement» du matériel le plus souhaitable. Il faut déterminer les vitesses de fonctionnement optimales des lecteurs de cartes, des imprimantes, des dérouleurs de bandes magnétiques, voire de l'unité centrale, surtout la taille de l'unité centrale (nombre de positions de mémoire) et celle des mémoires auxiliaires éventuelles sont à préciser. Tous ces calculs sont évidemment très délicats et nécessitent des connaissances techniques assez poussées. L'ensemble de ces précisions aboutit à dresser le «portrait-robot» du matériel le plus souhaitable dont on donne ainsi une configuration idéale qui a peu de chances d'exister à coup sûr mais qui doit rester réaliste et vraisemblable.

Un calcul de temps de traitement et de délais prévisionnels doit confirmer la justesse des évaluations.

Nous pouvons alors rassembler tous les documents précédents (modèles d'états, de supports, d'enregistrements, organigramme) dans un dossier avec quelques pages d'introduction pour constituer un «cahier des charges» que devra assurer l'ordinateur.

Enoncé 10

Lancement d'un appel d'offres.

Eléments de corrigé

A partir du cahier des charges remis à chaque constructeur, on lance ainsi un appel d'offres généralisé auquel les constructeurs en question répondent par des propositions précises, essentiellement au point de vue financement.

Il est à souligner que jusqu'à présent nous nous sommes gardés de mentionner dans le personnel effectuant ces études un représentant de constructeur de matériel de T.I. Effectivement, si l'aide d'un ingénieur commercial d'un constructeur est très importante, voire même indispensable, dans certaines

phases ultérieures de l'étude, elle est à déconseiller fermement dans cette phase préliminaire. Il est nécessaire que cette étude théorique des conditions générales d'une mécanisation informatique se fasse en toute indépendance, sans idées préconçues sur un matériel précis. Cette procédure de l'appel d'offres est toujours souhaitable ; elle est obligatoire dans les Administrations.

Après quelques semaines, les constructeurs font parvenir leurs propositions (Figure 12.2).

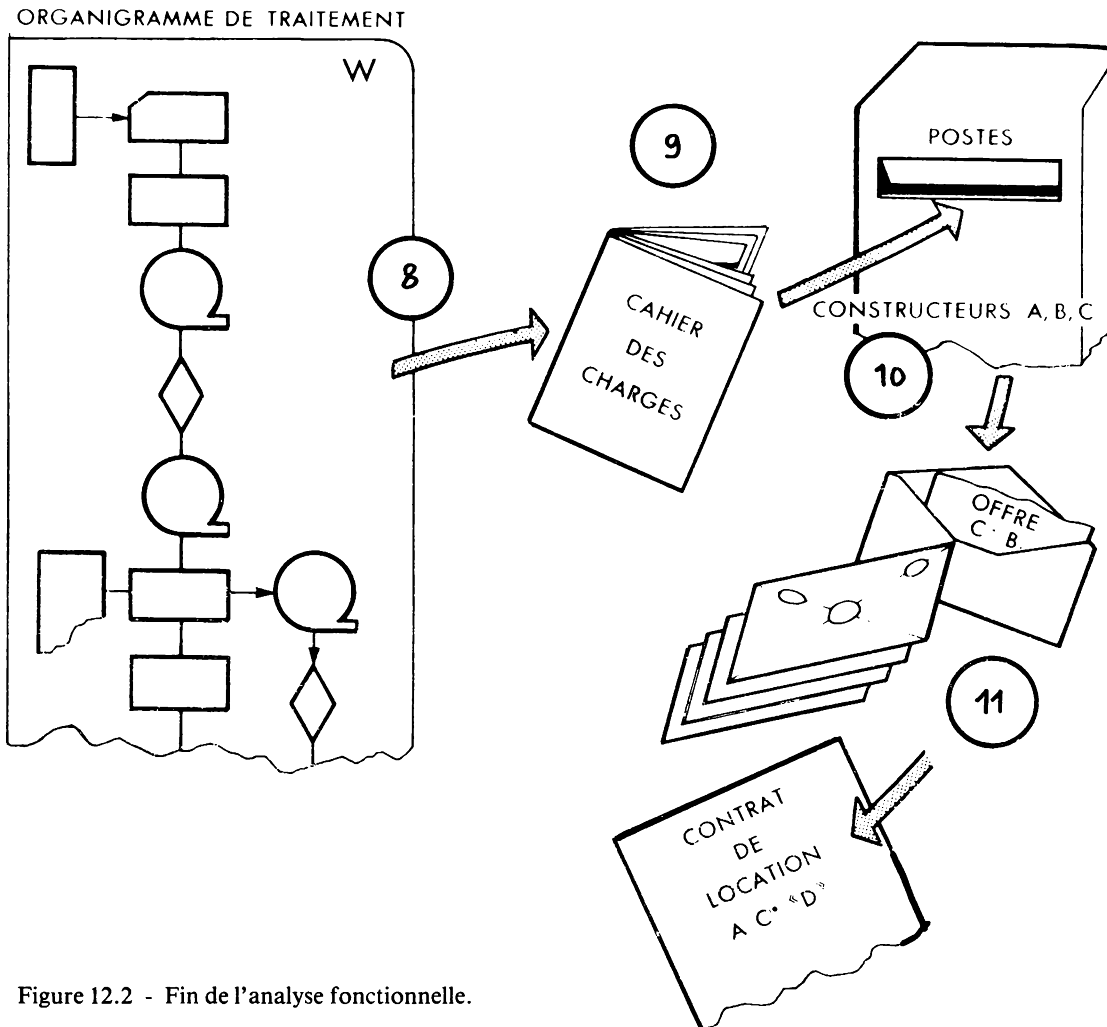


Figure 12.2 - Fin de l'analyse fonctionnelle.

Enoncé 11

Dépouillement de l'appel d'offres et commande du matériel.

Eléments de corrigé

Les propositions des constructeurs doivent être approfondies et pondérées avant d'être comparées sur le plan économique. Des contacts complémentaires sont inévitables, les constructeurs ne répondant jamais

exactement aux conditions précises du cahier des charges, chacun d'entre eux ayant intérêt à mettre en évidence certaines caractéristiques de son matériel plus ou moins spécifiques ou originales. En supposant que ce dépouillement ait pu se passer dans des conditions d'impartialité et d'objectivité satisfaisante, il ne reste plus alors qu'à passer aux décisions définitives.

Les décisions à prendre sont nombreuses et lourdes de conséquences pour l'avenir.

Le constructeur le «moins-disant» ou tout au moins celui dont l'offre a été jugée la plus intéressante reçoit donc commande du matériel informatique sous forme d'un contrat ferme, soit d'achat, soit de location. Pas question d'entrer dans le détail des prescriptions de ce contrat... Disons simplement qu'il n'est jamais trop minutieux, quantité de clauses, notamment pour les problèmes d'entretien, d'heures supplémentaires ou de délais de livraison devant être expressément précisées. Généralement, le matériel n'est livrable qu'avec de longs délais, proches d'une année, ce qui d'ailleurs n'est pas gênant eu égard à tous les travaux annexes ou préparatoires à entreprendre.

Enoncé 12

Préparation de l'environnement de l'ordinateur.

Eléments de corrigé

Le matériel informatique est relativement délicat et exigeant en conditions d'installation. Les locaux destinés à l'ordinateur nécessitent des travaux de renforcement et d'aménagement toujours considérables. On peut citer les faux planchers, l'installation électrique avec dispositif de régulation de courant, un système de climatisation efficace, une lutte draconienne contre la poussière, le tout se traduisant par des dépenses importantes d'installation. De nombreux locaux annexes seront à prévoir pour les analystes, les programmeurs, les perforeurs, les contrôleurs, équipés de meubles souvent très spéciaux : rubanothèques, matériel de déliassage des imprimés. Ce délai d'un an est souvent tout juste suffisant pour l'installation définitive de tous ces locaux.

Un autre problème tout aussi crucial sera soulevé par la formation ou le recyclage du personnel de l'entreprise. L'utilisation de moyens informatiques provoque rarement des diminutions importantes d'effectifs de personnel, tout au moins pendant la période de démarrage pouvant s'étaler sur plusieurs années. Par contre, elle provoque des changements considérables dans la spécialisation de ce personnel. S'il est relativement facile de faire d'une dactylo une excellente perforeuse, il est beaucoup plus aléatoire de transformer un employé de bureau en programmeur, voire un cadre, en analyste efficace. Il en résultera d'épineux problèmes de formation et d'embauchage, définitif ou temporaire.

Il sera surtout nécessaire de prévoir l'organisation minutieuse et coûteuse du doublement des procédures pendant la *période transitoire* qui couvrira les études et le démarrage des travaux effectifs sur l'ordinateur. Il sera toujours prudent d'assurer un *transfert progressif* des travaux, de la procédure manuelle à la procédure mécanisée en conservant un potentiel de personnel traditionnel suffisant pour faire face à tout accident prolongé sur l'ordinateur (erreurs dans le programme initial notamment). Le coût de cette période transitoire est systématiquement minimisé alors qu'elle s'étend fréquemment sur deux années !

Enoncé 13

L'analyse organique.

Eléments de corrigé

Tous les problèmes précédents supposés résolus, il reste à rendre opérationnels tous les projets de solution de l'analyste fonctionnel.

Un matériel précis est maintenant commandé.

Il doit être connu dans ses moindres détails.

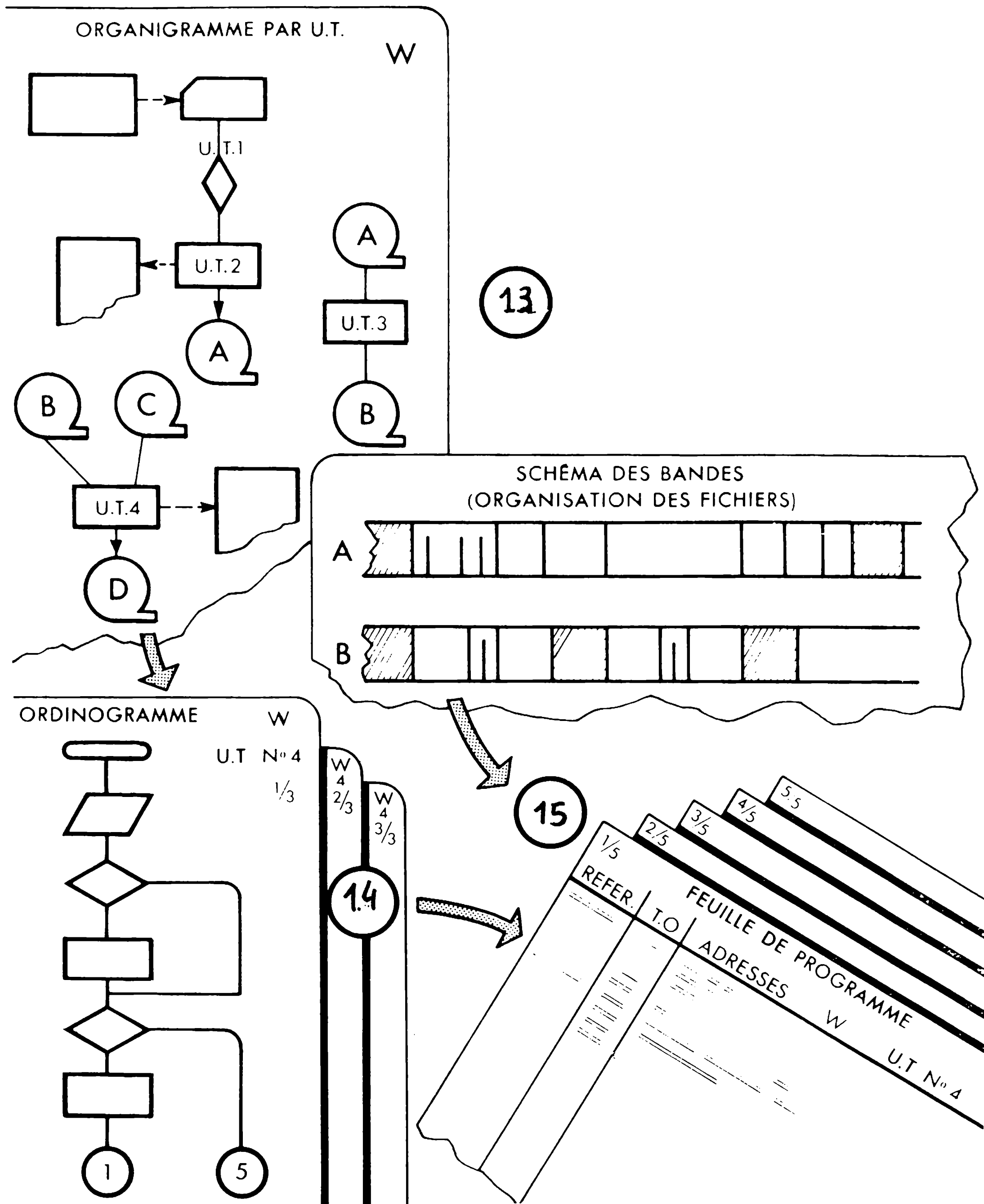


Figure 12.3 - L'analyse organique.

On peut alors approfondir toutes les ébauches précédentes en mettant au point définitivement les modèles d'état (selon la largeur de l'imprimante) et de document de base, compte tenu des codes à arrêter et des schémas d'enregistrements à saisir (cartes ou autres...).

De même, les fichiers et supports d'information, doivent maintenant être organisés d'une façon définitive, compte tenu de la nature de ces supports et de leurs conditions d'accès. C'est surtout pour les supports secondaires, sur mémoire à accès aléatoire, que l'organisation des fichiers est à approfondir pour que les temps d'accès aux informations ne soient pas prohibitifs par rapport aux temps de traitement. Ce n'est que lorsque ces organisations seront définitivement au point qu'il sera possible de passer à la phase suivante.

L'organigramme de traitement précité doit être maintenant revu et définitivement découpé en *« Unités de traitement»*, correspondant rigoureusement aux possibilités du matériel commandé. En effet, les propositions du constructeur ont pu diverger quelque peu des premières études. Il est impératif de tenir compte des modifications apportées et de procéder à un découpage du traitement en passages successifs en ordinateur, ou sur d'autres machines, chacun de ces passages étant appelé « Unité de traitement ».

Enoncé 14

Préparation de la programmation.

Eléments de corrigé

Pour chaque unité de traitement isolée, définie et organisée minutieusement, il va maintenant être possible de préparer la programmation au moyen d'un « Dossier technique » remis aux programmeurs.

Un algorigramme ou ordinogramme, ou organigramme de programmation, est destiné à expliquer d'une façon schématique et synoptique les différentes instructions à programmer pour la réalisation correcte des différentes opérations prévues dans une unité de traitement précise. Un ordinogramme bien fait, joint au modèle d'état à obtenir et au schéma des différents supports ou fichiers intervenant dans l'unité de traitement, doit permettre à un programmeur normalement qualifié, d'écrire la programmation sans nécessiter aucun contact avec l'analyste. Il est souvent débattu du fait de savoir si l'ordinogramme de programmation doit être mis au point par l'analyste ou par le programmeur. Il nous paraît indispensable que l'analyste « descende » jusqu'à ce niveau, quitte à admettre que le programmeur puisse critiquer cet ordinogramme, voire même le modifier... en connaissance de cause.

Le choix du langage de programmation définitif est également très controversé et nous avons eu l'occasion d'évoquer ce problème lors de l'étude de la programmation et du Software. Quatre critères plus ou moins contradictoires peuvent jouer à ce niveau.

1°) La fréquence d'utilisation du programme en question. Si cette utilisation est journalière par exemple, une perte de performance de l'ordre de 10 % ou 20 % peut se traduire par une dépense supplémentaire non négligeable ou une perte de temps sensible dans le traitement (en cas de multiprogrammation... rare autrement). Au contraire, si l'unité de traitement en cause est d'utilisation trimestrielle, les quelques minutes éventuellement perdues par l'emploi d'une programmation plus évoluée et moins performante seront tout à fait négligeables.

2°) La qualification des programmeurs eux-mêmes peut être déterminante. Ecrire en langage-Autocodeur ou Assembleur n'est à la portée que de programmeurs connaissant très bien le matériel utilisé, ce qui n'est pas forcément courant, surtout pour les matériels relativement récents.

3°) A contrario, l'utilisation de langages très évolués nécessitera des programmes de compilation important tenant beaucoup de place en mémoire centrale et ainsi peut-être prohibitifs compte tenu des dimensions du matériel retenu.

4°) Evidemment en cas de changement ultérieur de matériel, les langages de programmation universels retrouvent un intérêt déterminant.

Enoncé 15

Codage des programmes.

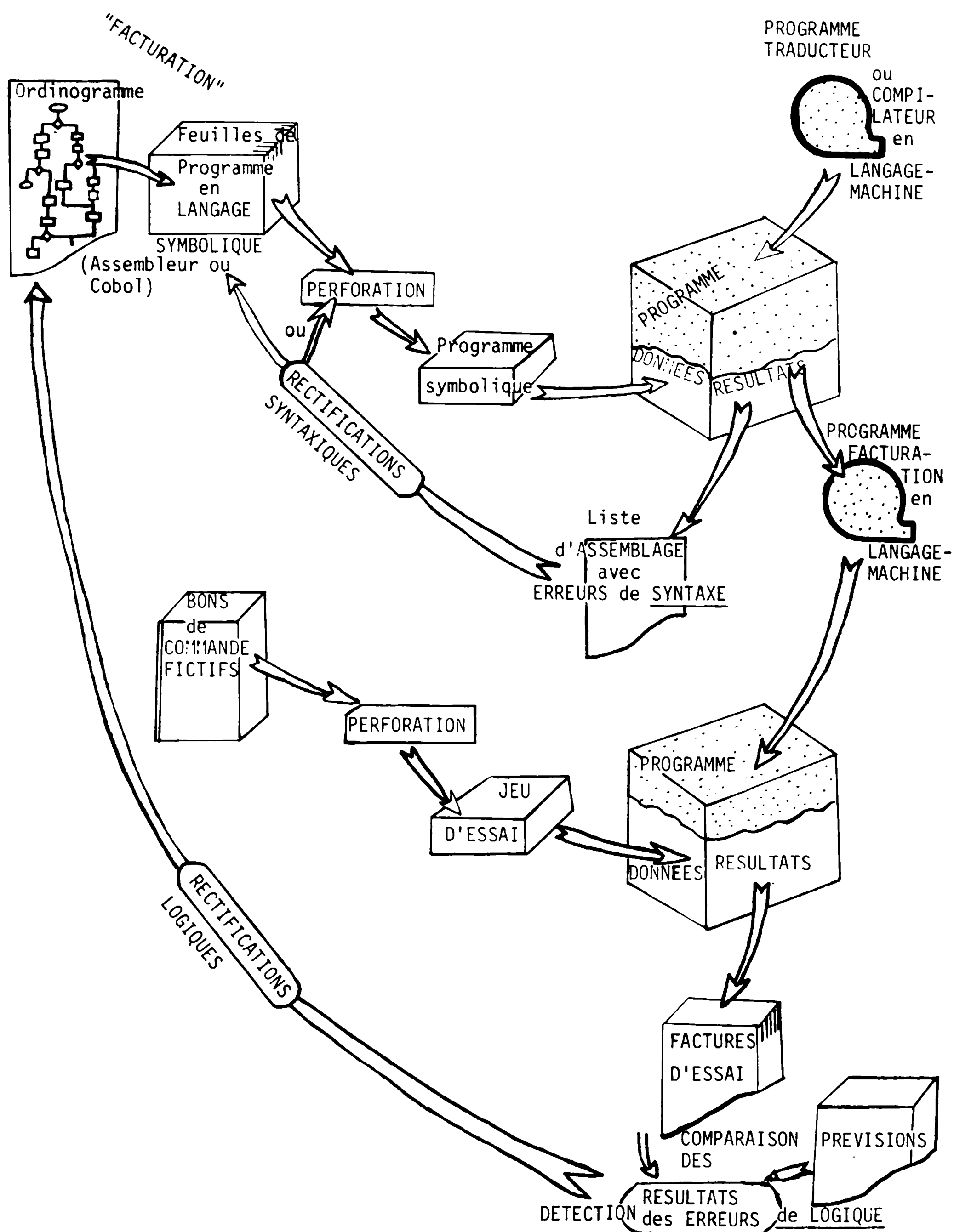


Figure 12.4 - Exemple de mise au point d'un programme de facturation écrit en language symbolique.

Eléments de corrigé

A partir des ordinogrammes précédemment établis, le programmeur va pouvoir mettre au point le programme correspondant à l'U.T. considérée.

« Programmer » consiste essentiellement à écrire sur des « feuilles de programmes » les codes correspondant aux types d'opération à exécuter et aux adresses des différents opérandes à utiliser. Comme nous l'avons vu cet ensemble, T.O. et adresses, forme une « ligne d'instruction ». Ce travail de codage peut être plus ou moins passionnant selon le niveau de langage utilisé. Plus il sera près du « langage-machine » plus les « astuces » de programmation seront captivantes sinon rentables. Toutefois, c'est au niveau de l'ordinogramme que les solutions les plus logiques et les plus rationnelles auront dû déjà être dégagées...

A partir des feuilles précitées, les perforeuses créent les « cartes-programmes » en respectant les clichés ou « zonages » imposés par les constructeurs. Nous savons que ces zonages sont plus ou moins rigoureux selon le langage utilisé. Complexes et en nombre important pour les « langages générés », ils sont au contraire très libres pour les langages autocodeurs ou universels mais au prix du respect d'une ponctuation très stricte assez astreignante pour la perforation. Fréquemment ces cartes-programmes sont traduites, ce qui suppose l'emploi de perforatrices-imprimantes. Cette traduction permettra une mise au point plus commode des « fichiers-programmes ».

Enoncé 16

Compilation et essai des programmes et procédures.

Eléments de corrigé

Les tests relatifs aux programmes de l'utilisateur nécessitent des délais généralement assez importants évidemment proportionnels à la complexité des unités de traitement. Contrairement à ce qui est parfois complaisamment supposé, les différents « programmes utilitaires » du Software du constructeur ne permettent de vérifier les programmes de l'utilisateur que dans leur « *partie syntaxique* » en détectant les seules incompatibilités, erreurs ou anomalies dans l'emploi des codes ou des signes de ponctuation imposés.

Pour ce qui est des *erreurs logiques* de conception ou de raisonnement au niveau de l'ordinogramme voire même de simples fautes d'inattention n'entraînant pas d'incompatibilité ou d'anomalie de syntaxe, aucun Software ne saurait être capable de découvrir ces anomalies. On procède donc en deux temps (Figure 12.4) :

— Une phase dite d'assemblage ou de compilation assurant la traduction du programme en langage-machine avec utilisation concomittante de programmes de vraisemblance ou de diagnostic permettant de découvrir les « fautes d'orthographe » pour ainsi dire (erreurs de codage ou de perforation).
— Une phase d'exécution du « programme résultant » (obtenu après assemblage) à l'aide d'un *jeu d'essai* simulant des cas réels complexes, testant ainsi l'ensemble du programme et notamment sa partie logique.

La mise au point de jeux d'essai à la fois efficaces et pratiques à utiliser est toujours très délicate. Ce n'est qu'à la suite d'essais et de rectifications nombreux, testant *toutes les branches* d'un programme que l'on peut considérer celui-ci comme opérationnel et utilisable en exploitation normale. A ce moment, le programme définitif est souvent recopié sur un support plus rapide à utiliser que les cartes perforées : bande ou disque magnétique...

Lorsque *tous les différents programmes* d'une même chaîne ont été traduits et testés individuellement à l'aide des jeux d'essai spécifiques précités, il convient de dérouler une « chaîne complète » mettant en œuvre, dans l'ordre prévu à l'organigramme et dans les conditions normales d'exploitation, toutes les différentes unités de traitement. Il est souhaitable d'effectuer ce « *test de procédure général* » à partir d'un traitement précédent réel, effectué par procédure manuelle classique, dans le but de confronter les résultats comparables et ainsi de déterminer des anomalies de conception d'ensemble éventuelles. Ce n'est que lorsque quelques comparaisons de ce type se sont révélées satisfaisantes que l'application peut être exploitée « en réel ».

Enoncé 17

Exploitation et conclusion.

Eléments de corrigé

Une fois toutes les phases précédentes réalisées et les anomalies redressées, on peut passer à l'« exploitation en vraie grandeur » des travaux prévus sur l'ordinateur. Il est toutefois prudent de conserver des possibilités de réalisation traditionnelle lors de ces premières exploitations qui peuvent quelquefois réserver des surprises inattendues malgré tout le sérieux des essais. On doit être en mesure de reprendre immédiatement l'ancienne procédure pour certains travaux, tout au moins... telle la paye du personnel par exemple.

De toutes les prescriptions ci-dessus, on conclura certainement que la mise en œuvre d'une mécanisation informatique n'est pas une mince affaire et qu'une commande de matériel ne doit pas être passée à la légère, pour des raisons de prestige ou à la suite de l'avis très superficiel d'un confrère satisfait de « son » ordinateur... Il n'échappera pas, non plus, que l'ensemble des opérations précitées, si elles sont menées avec tout le sérieux et la minutie souhaitables, représente une masse de travail intellectuel considérable qui ne peut être valablement assumée que *par une équipe d'informaticiens.* La composition de cette équipe variera d'ailleurs au cours de la progression des études. Composée à l'origine d'analyses-concepteurs ou « ingénieurs-informaticiens » et de quelques cadres de l'entreprise *entièrement dégagés de leurs responsabilités traditionnelles,* l'« équipe de mécanisation » sera complétée d'« analystes d'application » dès la commande ferme du matériel. Une partie de ces « analystes-techniciens » pourra être prêtée par le constructeur sans aucun inconvénient à ce point de l'étude. Pour l'organisation de détail de chaque unité de traitement, des « analystes-programmeurs » prennent la relève des analystes d'application et des concepteurs qui n'ont plus de rôle à jouer à ce niveau. Enfin, les ordinogrammes une fois établis, le responsable de la programmation pourra répartir le codage du programme de chaque U.T. entre plusieurs programmeurs si l'urgence nécessite de diviser la tâche.

Enoncé 18

La programmation structurée.

Eléments de corrigé

Tous les développements et exemples que nous avons donnés jusqu'ici se sont appuyés sur les raisonnements classiques de l'algorithmique et de ses ordinogrammes de programmation.

Ce faisant, nous suivions le ***déroulement*** *du programme* ***dans la machine*** *que l'ordinogramme ne fait que schématiser. Cette présentation reste valable pour les langages assembleurs mais pour des langages plus universels COBOL et GAP notamment, l'algorigramme du langage évolué présente de nombreuses distorsions avec celui du programme binaire. Ceci n'est pas gênant mais souligne simplement que l'on pourrait concevoir autrement un programme écrit en langage évolué, avec une finalité toute différente.*

En effet, peu importe comment le système passera du COBOL au langage-machine; nous ne pouvons avoir aucune action sur ce processus qui dépend du compilateur.

Par contre, ce qui est beaucoup plus important, c'est de concevoir et présenter un programme de la façon la plus claire et la plus rationnelle possible. Surtout cette présentation devrait permettre une ***maintenance*** *ou* ***mise à jour*** *des programmes plus aisée.*

C'est l'objet de la ***programmation structurée (P.S.).***

Elle est basée sur la notion d'arborescence mettant en évidence des niveaux hiérarchiques entre les différentes parties d'un programme.

Un arbre programmatique remplace l'ordinogramme traditionnel (voir Figure 12-5).

Il n'est pas question d'approfondir ici cette technique. Précisons simplement qu'au niveau du codage du programma COBOL, la procédure « Division » est scindée en deux parties :

— *la première expose la* ***structure*** *du programme en renvoyant systématiquement à des paragraphes ou* ***modules indépendants*** *traités en formes de sous-programmes (ordres PERFORM conditionnels)*

— *la deuxième rassemble tous les modules dans un ordre quelconque et constitue la partie* ***traitement.***

Ces modules peuvent donc être écrits et rectifiés dans n'importe quel ordre et par n'importe quel programmeur. L'analyste pourrait se réserver par exemple la partie structure... Si elle présente quelque difficulté.

Quand on sait les difficultés de mise au point et de maintenance des programmes et le faible rendement des programmeurs (50 instructions COBOL valables par jour en moyenne !...) nul doute que la P.S. soit très prometteuse pour l'avenir.

En tout cas, elle est très symptomatique quant à l'évolution de la mentalité des informaticiens. Le recours systématique à la technique des sous-programmes allonge sensiblement la durée de déroulement du programme dans la machine... Les promoteurs de la P.S. considèrent que cette perte au niveau du hardware est insignifiante par rapport aux améliorations obtenues au niveau du logiciel.

La baisse continue du coût des matériels et notamment des unités centrales, alors que la recherche de bons programmeurs est toujours aussi cruciale, semble bien confirmer leur point de vue.

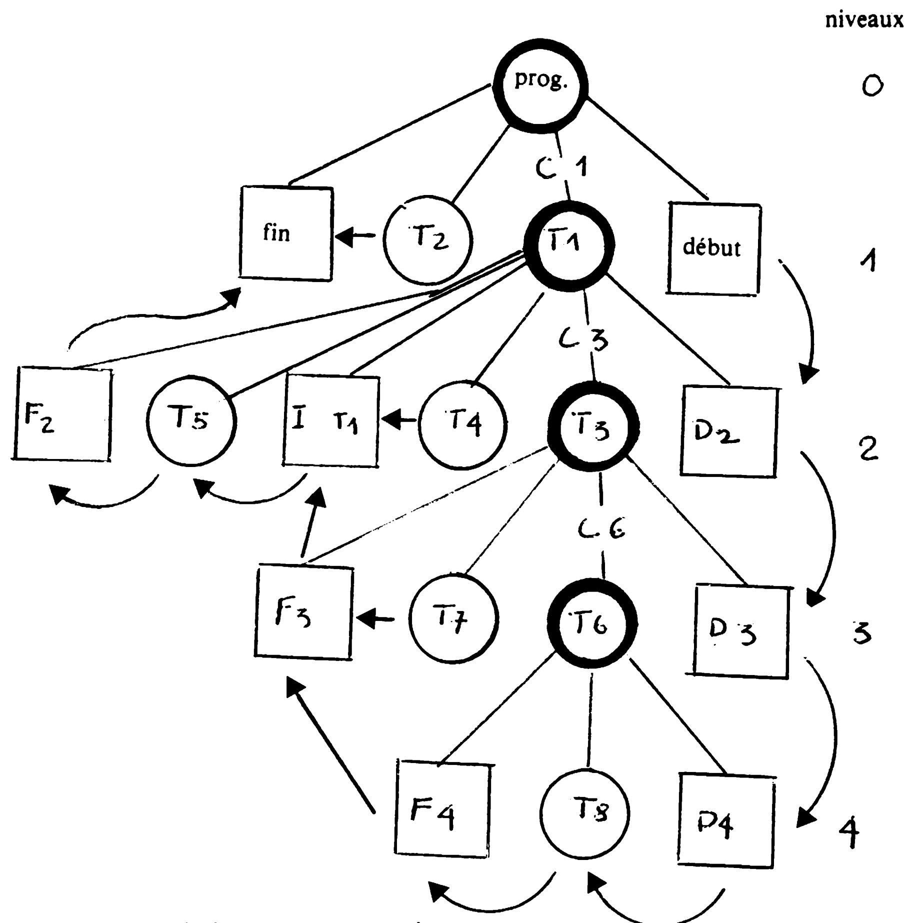


Figure 12.5 - Exemple d'arbre programmatique.
— les cercles renforcés représentent les nœuds qui ne sont jamais programmés.
— les flèches indiquent l'ordre d'exécution des modules du programme.

13 | Environnement de l'ordinateur Management et personnel

Le démarrage d'un ensemble électronique dans de bonnes conditions suppose une installation initiale particulièrement soignée, tout au moins à partir d'une certaine puissance. On a d'ailleurs forgé un néologisme pour distinguer les « mini-ordinateurs » SANS exigence : ils font preuve de CONVIVIALITÉ.

D'autre part, le chapitre précédent nous a fait découvrir l'importance de l'équipe informatique. Nous approfondirons sa composition et évoquerons le problème de formation et recrutement des informaticiens.

Enoncé 1

L'aménagement de la « salle d'exploitation ».

Eléments de corrigé

1°) L'ordinateur se compose d'un grand nombre d'éléments périphériques qui doivent être reliés à l'unité centrale par des câbles de gros diamètre qui présenteraient des risques considérables d'accident s'ils devaient traîner sur le sol. On est donc obligatoirement amené à installer les ordinateurs sur un faux plancher sous lequel circule toute la câblerie nécessaire. Ces éléments périphériques et l'unité centrale elle-même étant d'un poids au mètre carré très élevé, il est nécessaire de prévoir des montagnes très solides, mais amovibles, et donc généralement très coûteux (Figure 13-1).

2°) Les unités centrales et plus encore les supports magnétiques à haute densité, sont relativement exigeants au point de vue de la climatisation. La température et l'hygrométrie doivent rester dans des limites très strictes, 20° pour la température avec des écarts inférieurs à 2°. La lutte contre les poussières doit être sévèrement menée, de très fines particules induisant des parasites lors de la lecture des bandes magnétiques. Il en résulte l'obligation de mettre en service un système de climatisation et de dépoussiérage de fonctionnement rigoureux, et donc particulièrement coûteux (un devis de 50000 F est très courant) (Figure 13-2).

Enoncé 2

Composition d'ensemble d'un service informatique. Les locaux annexes.

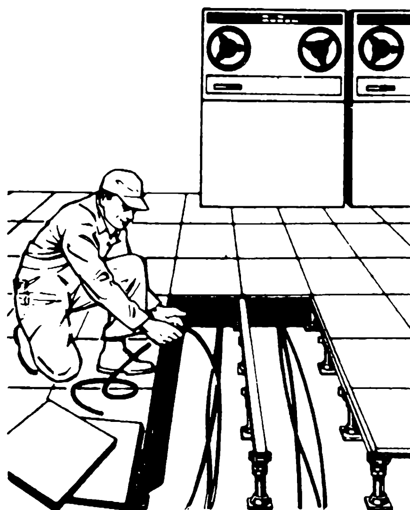


Figure 13.1 - Faux plancher de salle d'ordinateur.

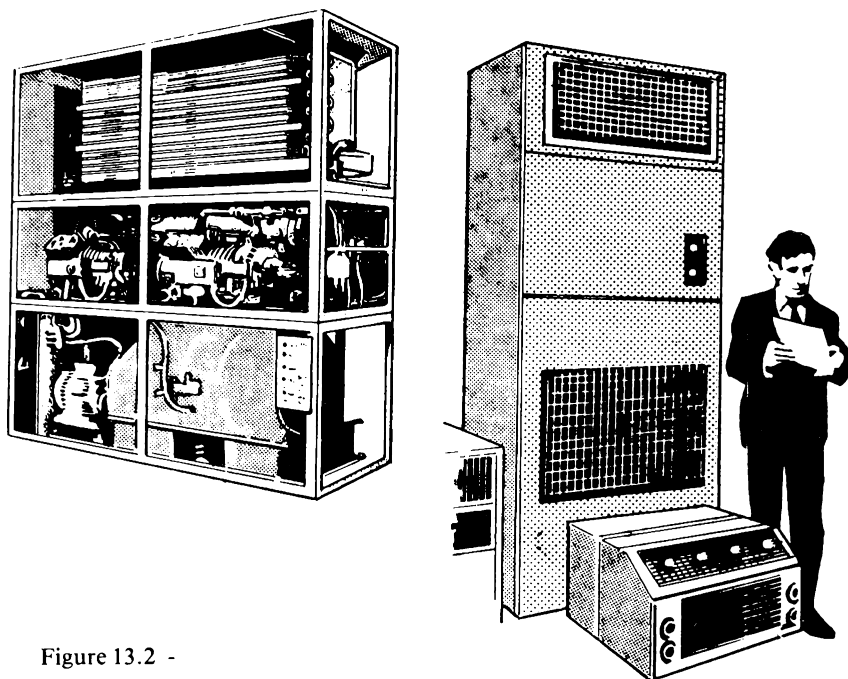


Figure 13.2 -

Groupes climatiseurs
(Echelles comparables)

Eléments de corrigé

La grande cadence de fournitures des résultats dans l'atelier d'exploitation et les opérations préalables à l'utilisation des supports par l'ordinateur nécessitent d'installer, autour de la salle d'exploitation, des locaux annexes qui doivent être largement calculés et très bien équipés. On distinguera successivement les phases complémentaires de « l'exploitation informatique ». La figure 13-3 donne un schéma ou plan *théorique* relatifs à l'organisation traditionnelle d'un service informatique.

Enoncé 3

Les locaux des personnels d'études.

Eléments de corrigé

Les analystes et programmeurs sont toujours très nombreux et doivent très souvent travailler et «discuter» ensemble par équipe ou groupe appelé souvent « PROJET ». Les locaux qui leur sont affectés doivent être vastes et équipés de cloisons mobiles, « tableaux noirs », et bureaux de vastes dimensions... Les nombreux et volumineux dossiers qu'ils manipulent doivent être facilement classables et rangeables dans des meubles de grandes capacités. Des systèmes de dossiers suspendus sont particulièrement recommandables.

Ces locaux ne nécessitent pas d'être à proximité de l'ordinateur, au contraire... Il y a bien longtemps que les tests de programme ne se déroulent plus en présence de leur auteur; les recherches d'erreurs se faisant au calme sur les listings de compilation. Par contre, il est très rentable d'installer dans ces locaux un matériel de « rectification des programmes ». Dans la version la plus classique, il s'agira d'une perforatrice-traductrice de cartes mais il serait hautement souhaitable de pouvoir faire ces rectifications directement sur clavier-écran (visuel). Ceci suppose évidemment que l'ordinateur travaille en multiprogrammation et que le système d'exploitation prévoit ces possibilités de correction « on line » des programmes.

Enoncé 4

Les locaux réservés à la préparation des données.

Eléments de corrigé

On entend, par préparation, à la fois les travaux de chiffrement et les travaux de création de support, notamment, « perforation » et vérification. Si les problèmes de climatisation ne sont pas obligatoires dans ces ateliers, le confort professionnel des dactylocodeuses, condition de leur rendement, exige un équipement mobilier très adapté (chaise spéciale) et une insonorisation, soit du local tout entier, soit des machines elles-mêmes. Ces locaux doivent être vastes bien éclairés et disposer de possibilités de rangement et de classement très poussées.

Enoncé 5

Le local de façonnage ; contrôle des états.

Eléments de corrigé

Les « gros volumes » de papiers, sortant des imprimantes en plusieurs exemplaires, nécessitent tout un « façonnage » consistant essentiellement à décarboner les liasses et à isoler les différents formulaires

d'imprimés qui se présentent sous forme d'imprimés « en continu ». Si l'on souhaite que ces opérations ne soient pas un facteur de ralentissement considérable de l'ensemble du traitement de l'information, cet atelier de façonnage doit être équipé de machines rapides et efficaces mais coûteuses, pour permettre la réalisation mécanique de ces diverses opérations (Figure 13-4).

Le contrôle des opérations mécanographiques se révèle indispensable à plusieurs points de vue, notamment, parce que les traitements informatiques utilisent un matériel dépourvu de sens critique et peuvent donc sortir, à grande vitesse des résultats fantaisistes pour des raisons souvent anodines (décalage de perforation dans une carte, étourderie de programmation, etc...). Ces contrôles doivent pouvoir se réaliser également dans des conditions matérielles propices au travail sérieux et les locaux qui y sont affectés doivent être vastes, clairs et bien équipés (rayonnage, téléphone, machines à écrire et à calculer, etc...).

Enoncé 6

Les personnels informaticiens.

Eléments de corrigé

Les personnels informaticiens sont très nombreux et très spécialisés. Les figures 13-5 et 13-6 présentent les organigrammes de structure général et détaillé correspondant à l'organisation généralement rencontrée dans les services informatiques.

Les rôles de ces divers spécialistes nécessitent quelques précisions, ne serait-ce qu'au niveau terminologique.

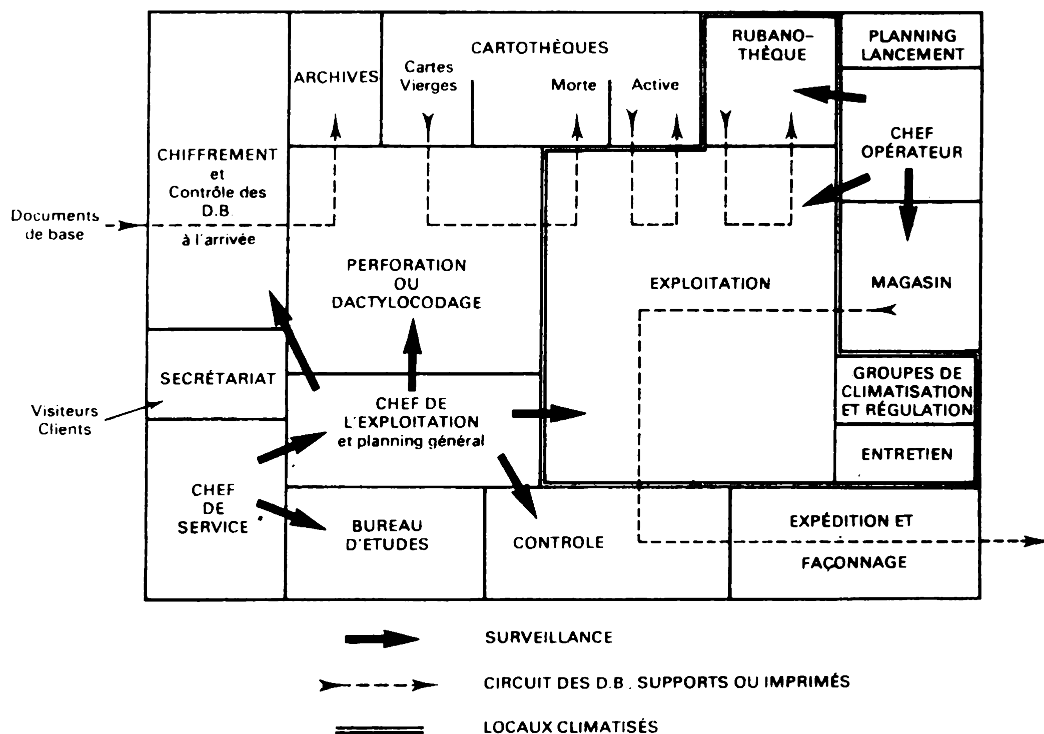
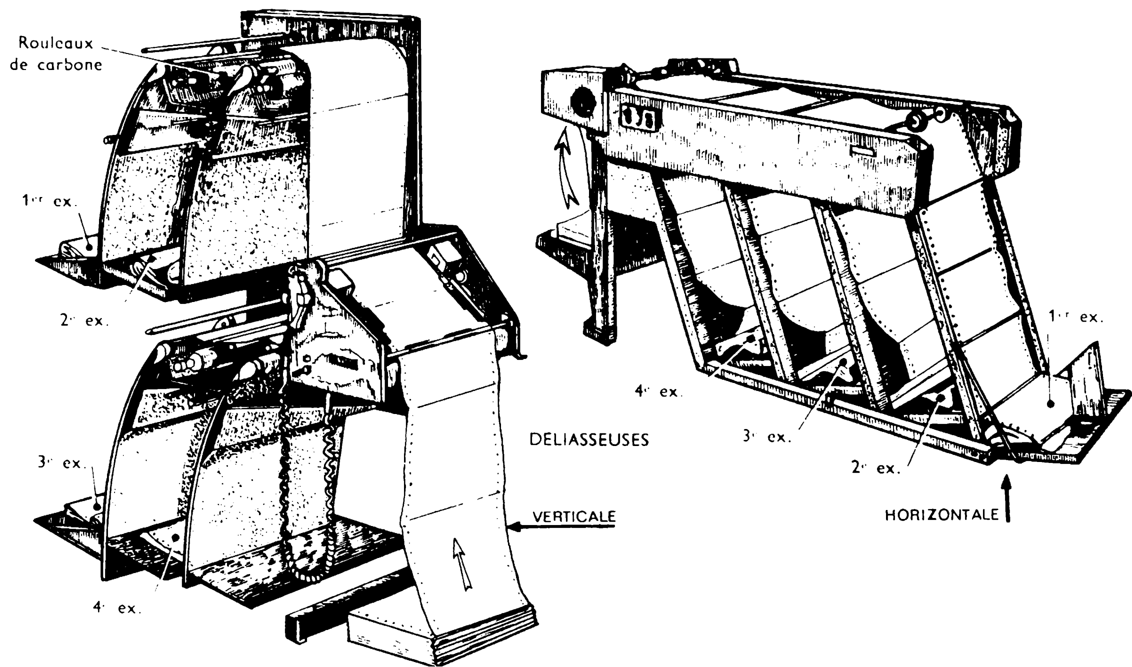
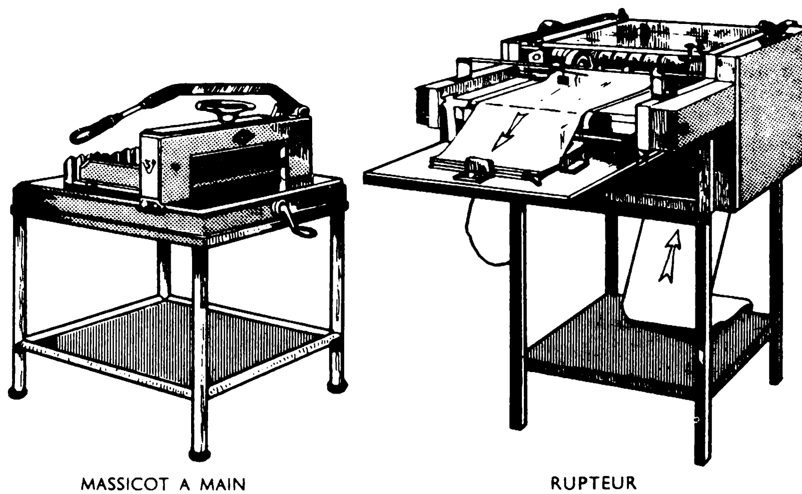


Figure 13.3 - Implantation théorique d'un service imformatique



Matériels pour séparer les liasses et supprimer les carbones



Matériels pour isoler les feuilles

Figure 13.4 - Matériels de façonnage.

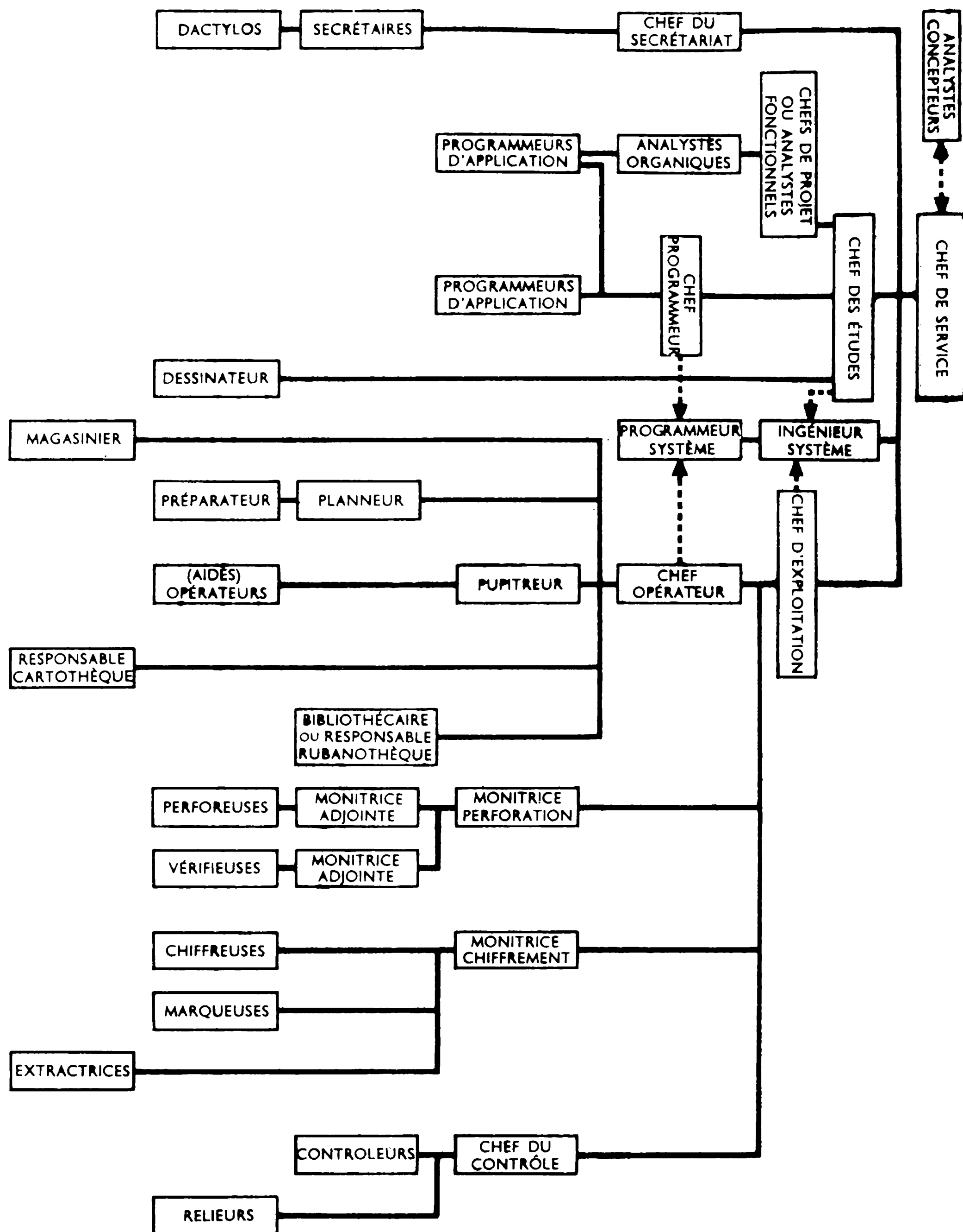


Figure 13.6 - Organigramme hiérarchique des informaticiens.

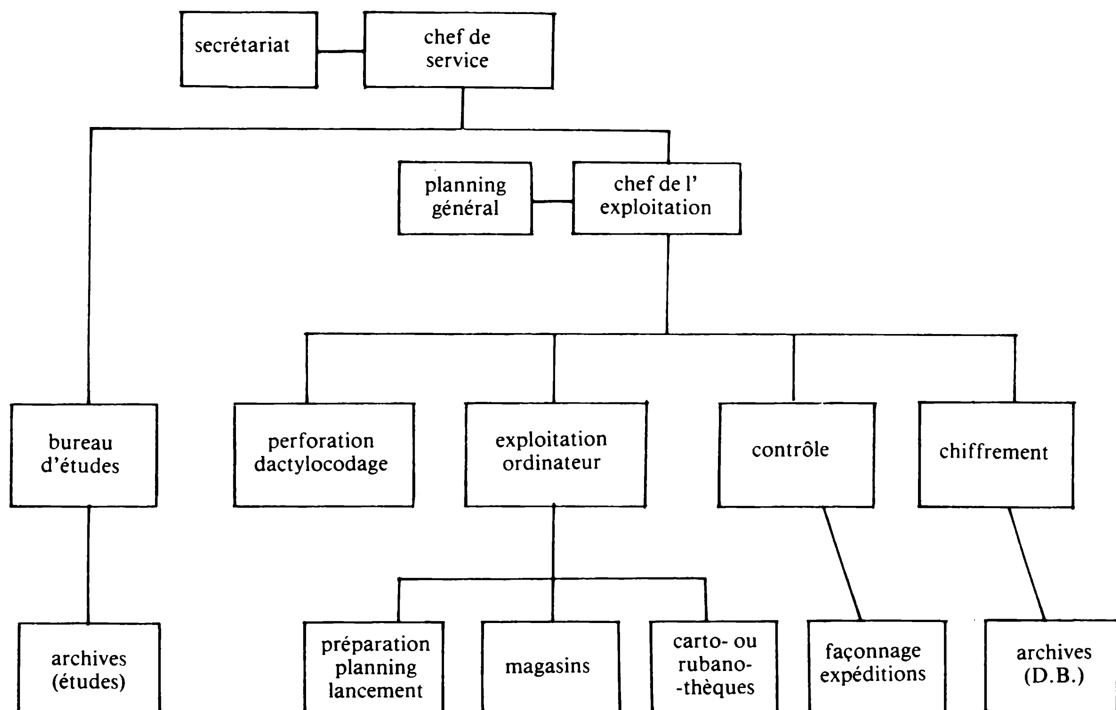


Figure 13.5 - Organigramme de structure général d'un service informatique.

Enoncé 7

Les personnels d'études.

Eléments de corrigé

Nous savons déjà que les études informatiques se situent à trois niveaux :

— conception par les analystes conceptuels ou fonctionnels ou « chef de projet » ;
— mise au point technique par les analystes organiques ou d'application ou encore « analyste-programmeur » ;
— codage des programmes par les programmeurs souvent répartis en plusieurs échelons de compétence et encadrés par un chef-programmeur.

Il convient également de mentionner d'autres spécialistes du logiciel connus sous les noms d'« homme-système », ingénieur-système ou programmeur-système. Ils assitent les analystes et programmeurs pour l'utilisation optimale du Software du constructeur au niveau du J.C.L.[1] notamment. Dans les services très importants, ils peuvent être amenés à modifier le Software du constructeur.

Enoncé 8

Les personnels d'exécution.

(1) Job Control Language ou ensemble des cartes de contrôles paramétrant le système d'exploitation.

Eléments de corrigé

Deux grandes catégories sont à distinguer :
— le personnel de saisie
— le personnel d'exploitation.

Le personnel de saisie comprend les *dactylocodeuses* qui créent ou vérifient les divers supports d'informations (bandes magnétiques, disquettes ou cartes perforées). Dans ce dernier cas, on les appelait perfo-vérifieuses.

De toute façon, il s'agit de frapper sur un clavier avec le rendement le plus élevé possible (10000 frappes à l'heure en moyenne). Cette tâche est particulièrement ingrate, fastidieuse, et fatigante. Malgré ces cadences inhumaines, la saisie des informations est le goulet d'étranglement de l'informatique en raison des cadences de lecture des matériels d'exploitation mille fois plus rapide au moins.

Le personnel d'exploitation comprend essentiellement les *opérateurs* qui mettent en place les imprimés, bandes ou disques magnétiques sur les différents périphériques de l'ordinateur. Si leur compétence technique n'est pas très élevée, leur habileté et leur sérieux ont une incidence directe sur le rendement de l'ordinateur.

Le *pupitreur* joue un rôle intermédiaire entre le système d'exploitation avec lequel il dialogue grâce à l'écran et au clavier du pupitre, et les opérateurs qu'il commande. Sur les gros ensembles et en multiprogrammation, sa compétence et son efficacité sont déterminantes.

Enoncé 8

Les personnels d'appoint.

Eléments de corrigé

A côté de tous les techniciens précédents, les personnels « administratifs » jouent un rôle très important. On peut citer :
— les codifieurs qui complètent les documents de base
— les contrôleurs qui vérifient les états mécanographiques
— les bibliothécaires qui gèrent les rubanothèques (bandes magnétiques)
— les magasiniers qui gèrent les imprimés
— les massicotiers ou relieurs qui manipulent les matériels de façonnage précédents (déliasseuse, rupteur, massicot)
— les agents de planning qui suivent la réalisation des travaux.

Enoncé 9

Formation des informaticiens.

Eléments de corrigé

Pendant très longtemps, les personnels informaticiens se sont formés « sur le tas » avec l'aide des seuls constructeurs de matériels informatiques ou de Sociétés de Software.

Mais depuis une dizaine d'années de nombreuses filières permettent de se préparer aux diverses spécialités informatiques.

La figure 13-7 donne un aperçu de ces possibilités limité aux principaux établissements dépendant du Ministère de l'Education.

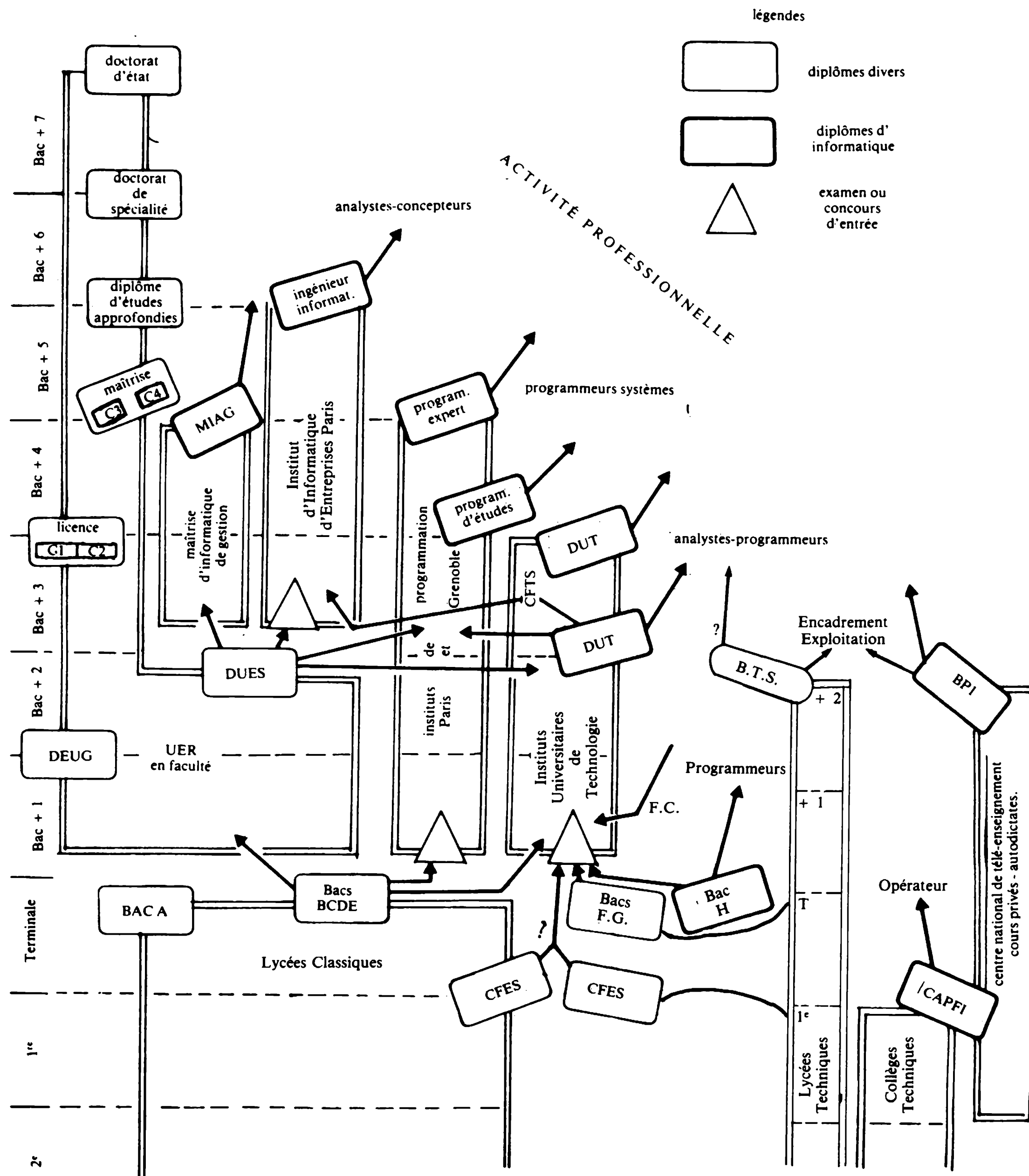


Figure 13.7 - Les filières de formation des Informaticiens.

— Les Bacs H et les B.T.S. sont encore très rares.
— les C.F.E.S. ont une chance intime d'être admis en I.U.T.

14 La double évolution de l'informatique

Bien qu'elle soit apparue avec beaucoup moins de publicité que la précédente, le 4ᵉ génération d'ordinateurs est en service depuis quelques années.

Elle n'a pas apporté de changements spectaculaires dans l'architecture des systèmes informatiques, mais aura probablement des conséquences plus profondes et plus inattendues sur leur développement, remettant en cause des solutions qui paraissaient pourtant solides, sinon définitives...

Enoncé 1

Conséquences des réductions de prix des ordinateurs de quatrième génération sur l'évolution de l'informatique.

Eléments de corrigé

Curieusement cette 4ᵉ génération n'a fait que creuser le fossé séparant l'unité centrale de ses éléments périphériques. Ceux-ci ont peu progressé (sauf les disques magnétiques) alors que les circuits de calcul et les mémoires centrales ont vu leurs performances multipliées par dix ou cent (on parle maintenant de NANO secondes). Mais, ce qui est *le plus important,* c'est que ces progrès se sont surtout traduits dans les *prix de revient* des unités centrales.

L'évolution du prix des « calculatrices électroniques de poche » est symptomatique à cet égard : moins de 100 F aujourd'hui contre plus de 1 000 F il y a dix ans et ce, malgré l'inflation.

Le même phénomène a joué pour le « cœur de l'ordinateur » (tous les circuits électroniques) et même pour la mémoire centrale qui abandonne les tores de ferrite pour des circuits intégrés miniaturisés (mémoire R.A.M. en circuits M.O.S. - L.S.I.).

De plus, tous les spécialistes de l'électronique se sont lancés dans la fabrication concurrentielle des microprocesseurs ou autres miniordinateurs qui n'ont plus de « mini » que le prix.

Il est courant aujourd'hui que l'unité centrale d'un ordinateur soit *moins coûteuse* que ses périphériques, même, parfois, pris *individuellement.*

On comprend dans ces conditions que les déséquilibres temporels qui provoquaient le chômage de l'unité centrale soient beaucoup moins regrettables aujourd'hui, même s'il n'ont fait que s'aggraver, puisque l'*ordre d'importance* des coûts s'est *inversé.* A quoi sert de saturer une unité centrale si c'est aux dépens de complications non rentables, comme la multiplication des périphériques et la centralisation abusive des problèmes et des programmes ?

D'où une tendance à la déconcentration sous deux aspects : répartition ou distribution (1) des moyens informatiques.

Il devient même nécessaire d'évoquer un troisième aspect : l'informatique personnelle ou domestique qui fait fureur avec l'explosion commerciale des micro-ordinateurs (voir énoncés 13 à 15).

Enoncé 2

L'informatique répartie.

Eléments de corrigé

Appelée « informatique en miettes » par ses détracteurs, l'informatique répartie consiste à s'équiper de plusieurs miniordinateurs plutôt que de tout centraliser sur un gros système travaillant en multiprogrammation.

Sur le plan strictement budgétaire, l'opération devient plus rentable de jour en jour. Certes tous les problèmes ne sont pas résolus pour autant, notamment vis-à-vis des personnels informaticiens qui restent aussi, sinon plus, nécessaires et nombreux mais, là aussi, le développement des progiciels ou des langages d'analyse pourrait précipiter l'évolution.

Certes aussi, la création de fichiers centralisés, sinon uniques, sous forme de « banques ou bases de données » s'accommode mal de cet éclatement. Mais ces fichiers n'existent pas encore, ou très rarement, et cette soudaine nécessité apparaît parfois comme un combat d'arrière-garde de la part des tenants du service centralisé.

Enoncé 3

L'informatique distribuée.

Eléments de corrigé

Un compromis semble d'ailleurs se dessiner. *A condition de disposer d'un réseau de télétransmission souple,* fiable et bon marché, il serait loisible d'implanter un miniordinateur partout où il s'avèrerait rentable (coût de location de l'ordre du salaire d'un employé de bureau) et de le relier à un système central gérant une éventuelle « base de données ». Chaque fois qu'un traitement local nécessiterait l'appel au service central, le miniordinateur jouerait le rôle de terminal. Par contre, dans la majorité des cas, la puissance de calcul ou de mémorisation locale s'avérera suffisante pour un traitement sur place — tout au moins en informatique de gestion — pour les travaux traditionnels et décentralisés : facturation, livraison, stocks dans des dépôts régionaux, par exemple.

Enoncé 4

La téléinformatique.

Eléments de corrigé

Nous venons de souligner l'orientation future de l'informatique conjuguée aux télétransmissions que d'aucuns ont déjà baptisée « télématique » après téléprocessing ou télégestion.

Il convient donc de faire le point en la matière et d'évoquer tous les problèmes que pose, aujourd'hui, en France, l'utilisation des télétransmissions par l'ordinateur. Nous les avons déjà rencontrés à plusieurs reprises, notamment à l'occasion des modes de traitement (chapitre 4) et des systèmes d'exploitation (chapitre 11).

A première vue, il est facile de définir la téléinformatique en disant que dans un tel système, les éléments périphériques plus ou moins traditionnels, au lieu d'être reliés à l'unité centrale par un câble de quelques mètres de longueur, lui sont désormais connectés par des lignes téléphoniques. Ces dernières peuvent atteindre des centaines ou milliers de kilomètres, voire traverser les océans par câbles ou faisceaux hertziens relayés par les satellites de télécommunication !

(1) Cette interprètation nous est personnelle les amalgames ou confusions entre répartie et distribuée sont fréquents.

En réalité, les possibilités de la téléinformatique pour immenses qu'elles soient dans un proche avenir, imposent encore actuellement nombre de sujétions importantes d'ordre techniques ou, surtout, économique.

Elles s'expliquent facilement du fait de la rencontre de deux techniques qui, tout en présentant une parenté certaine, ont évolué séparément jusqu'ici sans aucun souci de standardisation.

De plus, les règles commerciales et administratives découlant du monopole des P.T.T. en FRANCE, compliquent encore la question. Enfin, les ordinateurs ainsi appelés à dialoguer avec un très grand nombre d'éléments périphériques éloignés doivent présenter des possibilités nouvelles que nous avons déjà évoquées lors de l'étude de la multiprogrammation et du Time-haring.

Nous serons amenés à faire encore un peu de technologie dans le domaine des transmissions seulement, considérant que la plupart des éléments périphériques déjà étudiés peuvent être utilisés à distance.

Enoncé 5

Contraintes techniques des télétransmissions.

Eléments de corrigé

Ce n'est que depuis une décennie (1) que les P.T.T. sont confrontés avec la télétransmission de *données*. Tout le réseau téléphonique avait été conçu jusque là uniquement pour transmettre la parole.(20 millions de lignes).

Jusqu'en 1985 probablement il s'agira donc d'adapter les exigences de la téléinformatique aux réseaux existants. Ces derniers sont caractérisés par leur vitesse, leur support (modulation) leur mode de transmission, leur organisation, et les possibilités de regroupement de lignes.

1) Vitesses des lignes de transmission

Très étagées elles s'expriment en BAUDS (ou bits par seconde) et dépendent de caractéristiques techniques nombreuses :

— *lignes télégraphiques :* de 50 à 200 bauds
— *lignes téléphoniques ordinaires* à 2 fils (réseau commuté) :
de 200 à 2400 bauds

— *lignes téléphoniques de qualité supérieure à 4 fils* (lignes spécialisées, louées au forfait) :
de 1200 à 9600 bauds

— *lignes « métalliques » (non pupinisées) dites à bande de base* limitées aux courtes distances, jusqu'à 35 km :
de 9600 à 48000 bauds

— *groupes primaires entre centraux P. T. T.* (câbles coaxiaux) :
de 48000 à 72000 bauds

— *groupes secondaires :* de 72000 à 256000 bauds

— *sur canaux numériques MIC* (Modulation par impulsions codées) en cours d'études sur lesquels *la voix humaine* sera digitalisée ou échantillonnée 8000 fois par seconde chaque amplitude étant codée sur 8 bits. On atteindra ainsi plus de 2 millions de bauds !... pour les données...

2) Modulations. Nécessité des MODEMS

La transmission *télégraphique* se fait en courant continu sans modulation (analogue au morse).

Le téléphone utilise des courants modulés. On distingue la modulation de phase, d'amplitude ou de fréquence.

Les codes informatiques (ASCII, EBCDIC, BCD, etc...) se présentent sous forme d'impulsions discontinues utilisables directement sur lignes télégraphiques mais nécessitant une transformation pour le téléphone assurée par les MODEMS (Modulateur - Démodulateur) (voir Figure 14-1).

(1) Le premier service de transmissions de données a été ouvert le 23 janvier 1964.

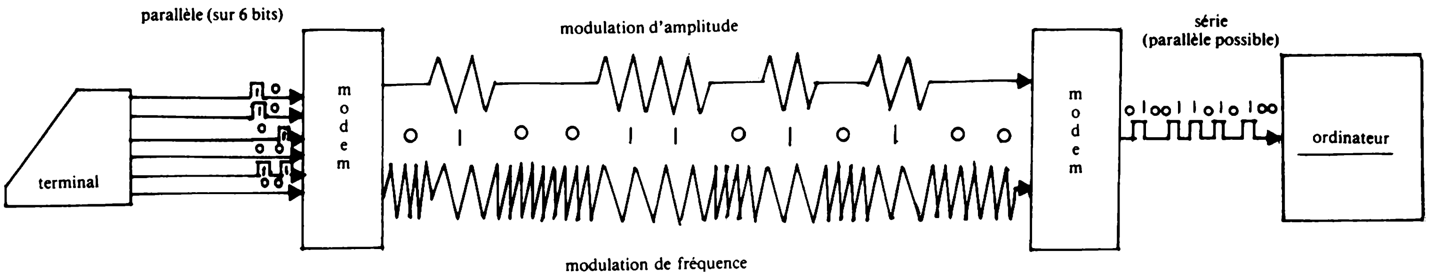


Figure 14.1 - Rôle des « modems ».

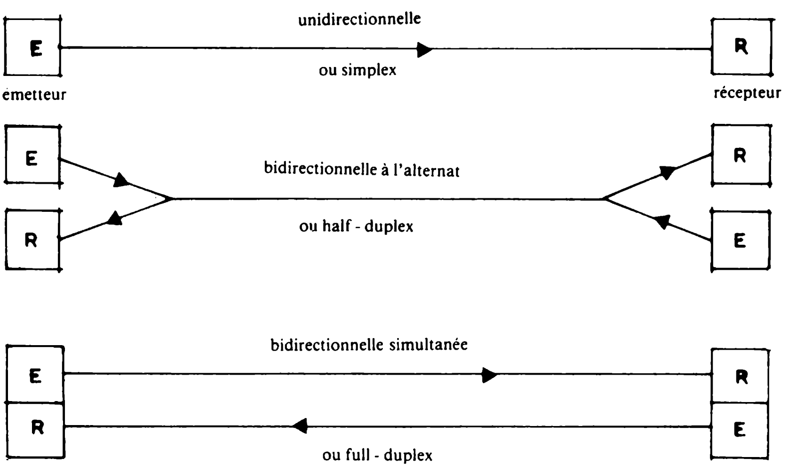


Figure 14.2 - Les trois types de liaison possibles.

3) Modes de transmission et de liaison

Il faut encore distinguer :

— les modes de transmissions :

- *ASYNCHRONE dans lequel chaque caractère codé sur 8 bits est encadré de signaux de début (START), de fin (STOP).*
- *ou SYNCHRONE nécessitant la « mise en phase » permanente des émetteurs et récepteurs avec un seul signal début et fin par message.*

— les modes de liaison (voir figure 14-2) :

- *UNIDIRECTIONNELLE ou Simplex*
- *BIDIRECTIONNELLE à l'alternat ou Halfduplex*
- *BIDIRECTIONNELLE ou Full-Duplex.*

Enoncé 6

Constitution du réseau.

Eléments de corrigé

En cas de constitution d'un réseau « privé » (lignes louées) plusieurs configurations sont possibles (Figure 14-3) :

— Liaison Point à Point (1 seule ligne)
— Réseau *Etoilé*
— Réseau *Multipoint* ou arborescent
— Réseau *Maillé* ou en anneau

Pour réduire le nombre de lignes il est possible d'utiliser

- des concentrateurs, véritables ordinateurs de communication régionaux.
- et surtout des MULTIPLEXEURS avec changement de vitesse (Figure 14-4).

Techniques surtout intéressantes pour les réseaux maillés ou arborescents.

Enoncé 7

Aspect économique des télétransmissions.

Eléments de corrigé

Le prix de revient d'un réseau de téléinformatique fait intervenir trois postes de dépenses complémentaires :

— le coût des matériels informatiques proprement dits (terminaux et « adjonctions » de l'unité centrale).
— le coût des matériels spécialisés (MODEM, adaptateur, concentrateur ou multiplexeur) fournis ou agréés par les P.T.T.
— surtout celui des lignes elles-mêmes.

1) Coût des matériels spécialisés.

Lorsque les appareils sont fournis par les P.T.T., le coût de leur entretien est inclus dans la redevance mensuelle. Elle est de 300 à 600 F pour le télex (télégraphe).

Pour les lignes téléphoniques, le coût de location et d'entretien des MODEM varie selon les vitesses et les liaisons de 300 à 1250 F par mois sauf pour les très grandes vitesses (10000 F à 48000 bauds).

Les multiplexeurs sont beaucoup plus coûteux de 2000 à 10000 F !

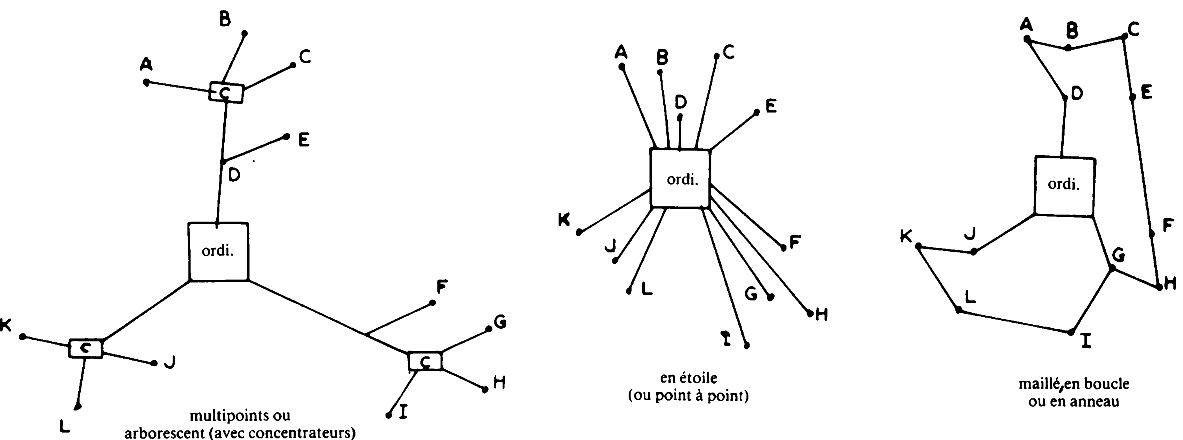


Figure 14.3 - Différents types de réseaux.

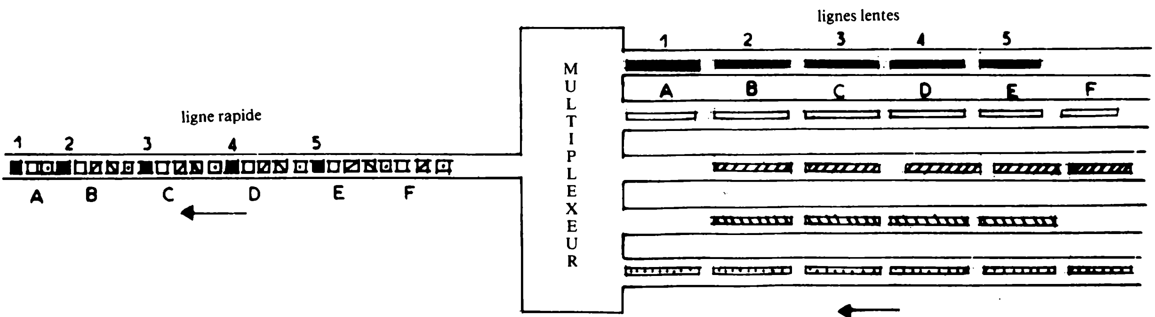


Figure 14.4 - Principe du multiplexage (temporel)

2) Location des lignes (voir Figure 14-5).

Toutes les combinaisons des diverses possibilités techniques de l'énoncé 4 ne sont pas offertes par les P.T.T.

Elles mettent à la disposition du public 5 grands types de solution à des tarifs différenciés.

Deux autres possibilités sont en cours de lancement.

Enoncé 8

Possibilités de location de lignes.

Eléments de corrigé

1) Télex

C'est le nom commercial donné à l'utilisation des lignes télégraphiques pour imprimer des messages à distance. Il est très ancien et utilisé par de nombreuses entreprises commerciales ($>$ 100000 pour la presse notamment). Il permet un acheminement économique des données mais à basse vitesse : 200 bauds au maximum soit : 20 caractères-seconde environ.

La tarification se fait par circonscriptions avec quatre tarifs (de jour ou de nuit ; à l'intérieur d'une zone ou entre zones différentes) (Figure 14.6)

Le coût de la minute va de 0,39 à 1,83 F (Septembre 82) plus un abonnement mensuel de location-entretien de 660 à 1130 F selon le type de téléimprimeur.

2) *Réseau commuté*

La tarification est particulièrement complexe donnant priorité à la notion de distance (qui n'est plus aujourd'hui fondamentale) mais calculée de façon très «administrative»... La France métropolitaine est ainsi divisée en 467 *circonscriptions de taxes,* dites zones locales, correspondant approximativement aux limites des cantons et dont la densité d'abonnés et la superficie sont évidemment très variables (moyennes : 38000 a, 12000 km^2 et 35 km de «diamètre»)

On distingue trois sortes d'appels :

a) Les *appels locaux* qui sont échangés entre abonnés d'une *même circonscription* et qui ne donnent lieu qu'à la perception d'une seule *«taxe de base»* (1) *qu'elle que soit la durée* de la communication.

b) Les *appels de voisinage* font intervenir la distance entre les *chefs-lieux* de circonscription (cantons) et le fait que les circonscriptions sont limitrophes ou non. Les appels se font à la durée à raison d'une *taxe de base par «période»* plus ou moins longue selon les *six cas* possibles suivants :

— $<$25 km; 1 TB par 72 secondes,
— $>$25 km mais circonscription limitrophes : 1 TB par 45 secondes,
— 25 $<$ d $<$ 50, NON limitrophes : 1 TB par 24 secondes,
— $>$ 50 km même département : 1 TB par 24 secondes,
— 1re zone périphérique de Paris : 1 TB par 120 secondes,
— 2e zone périphérique de Paris et Marseille : 1 TB par 72 secondes.

c) *Les appels à «longue» distance* intéressent les changements de *département* (et forcément de cantons). La distance prise en compte est alors celle séparant les *deux chefs-lieux* du département !...

Si cette distance est inférieure à 100 km, une TB par 24 secondes ou une par 12 secondes au-delà !..

Dans tous les cas, un tarif réduit de 50 % est appliqué de 19 h 30 à 8 h et les samedis après-midi, dimanches et jours fériés. L'abonnement mensuel est négligeable (47 F).

Cette tarification est particulièrement *injuste* favorisant les circonscriptions à haute densité notamment Paris, et créant des distorsions aberrantes dites «effets de seuil» (zones rapprochées mais de départements différents). Surtout elle rend presque gratuit le *télétraitement «local»* au détriment des longues distances où il serait pourtant plus justifié !..

---

(1) Actuellement de 0,55 F.

Une refonte complète est à l'étude dans laquelle la *tarification à la durée* serait *généralisée* y compris pour les communications locales (T.C.L.D.) mais en incluant dans la circonscription locale, toutes celles qui lui sont limitrophes (zones dites glissantes avec suppression de l'effet de seuil). La durée unitaire n'est pas encore arrêtée mais devrait ne pas pénaliser les conversations humaines (au moins 3 minutes) et réduire les «abus», notamment informatiques...

3) Réseau «privé»

Les P.T.T. louent à un tarif forfaitaire mensuel des lignes spécialisées de qualité et de vitesse supérieures (de 1200 à 19200 bauds (1) essentiellement) pratiquement indispensables pour une transmission suffisamment fiable et rapide des données informatiques.

Les coûts en sont assez élevés de 560 à 11060 F par mois selon la vitesse et surtout la distance (de 10 km à un plafond de 310 km) entre les deux extrémités de la ligne !

Des concentrateurs ou multiplexeurs «privés» permettent de réduire le nombre de lignes et d'adapter leur vitesse, mais l'ensemble reste très coûteux.

4)Réseau spécialisé CADUCEE

Les P.T.T. ont généralisé cette idée de multiplexage systématique en concevant dès 1972 un réseau spécialisé de transmission de données dit réseau CADUCEE.

La tarification dépend de 2 facteurs :

- *un abonnement mensuel de 900 F à 1500 F en fonction de la distance au point de rattachement le plus proche.*
- *une taxation à la durée de 0,30 F à 1,48 F de la minute selon la distance à vol d'oiseau entre les deux correspondants.*

Dans la majorité des cas, CADUCÉE est plus intéressant que le réseau commuté ordinaire mais c'est surtout la qualité et la vitesse qui sont bien supérieures (2400 bauds au minimum et jusqu'à 72000 à courte distance).

Trois mille lignes et 15 points de rattachement sont actuellement disponibles (Fig. 14.5).

Enoncé 9

Nouvelles possibilités récemment offertes par les P.T.T.

Eléments de corrigé

1) TRANSMIC

Une refonte radicale du système de télétransmission français est en cours d'étude et d'expérimentation depuis plusieurs années. Elle conduira à inverser totalement les priorités.

Au lieu d'adapter des lignes «analogiques vocales» pour essayer de leur faire transmettre des impulsions, le futur réseau sera conçu dans ce dernier but essentiellement. Cette modulation par impulsions codées (M.I.C.) ne véhiculera plus que des impulsions binaires à très grande vitesse (2 millions de bauds). C'est la voix humaine qui devra être digitalisée (chaque son sera codifié sur 8 bits) alors que les messages informatiques transiteront directement aux vitesses habituelles aux ordinateurs.

Mais les 20 millions de lignes classiques ne seront pas transformées rapidement sans problème (1992 ?).

En attendant, une centaine de milliers de lignes fonctionnent à titre expérimental et un réseau réduit vient d'être ouvert aux utilisateurs importants sous le nom de TRANSMIC.

Il permet d'assurer des transmissions à grande vitesse, au moins 128000 bauds, mais à des tarifs qui restent dissuasifs dans bien des cas (56000 F par mois à partir de 300 km et même 160000 F pour la vitesse maximale de 2 millions de bauds).

2) TRANSPAC

Une autre nouveauté, plus modeste mais plus immédiatement opérationnelle est constituée par la ***«transmission par paquets»*** *inaugurée en mars 1979. C'est la généralisation du principe du multiplexage*

(1) Des vitesses plus élevées sont possibles (48000 ou 72000) mais à des prix impressionnants : de 3350 F (10 km) à 49150 F par mois ! (310 km).

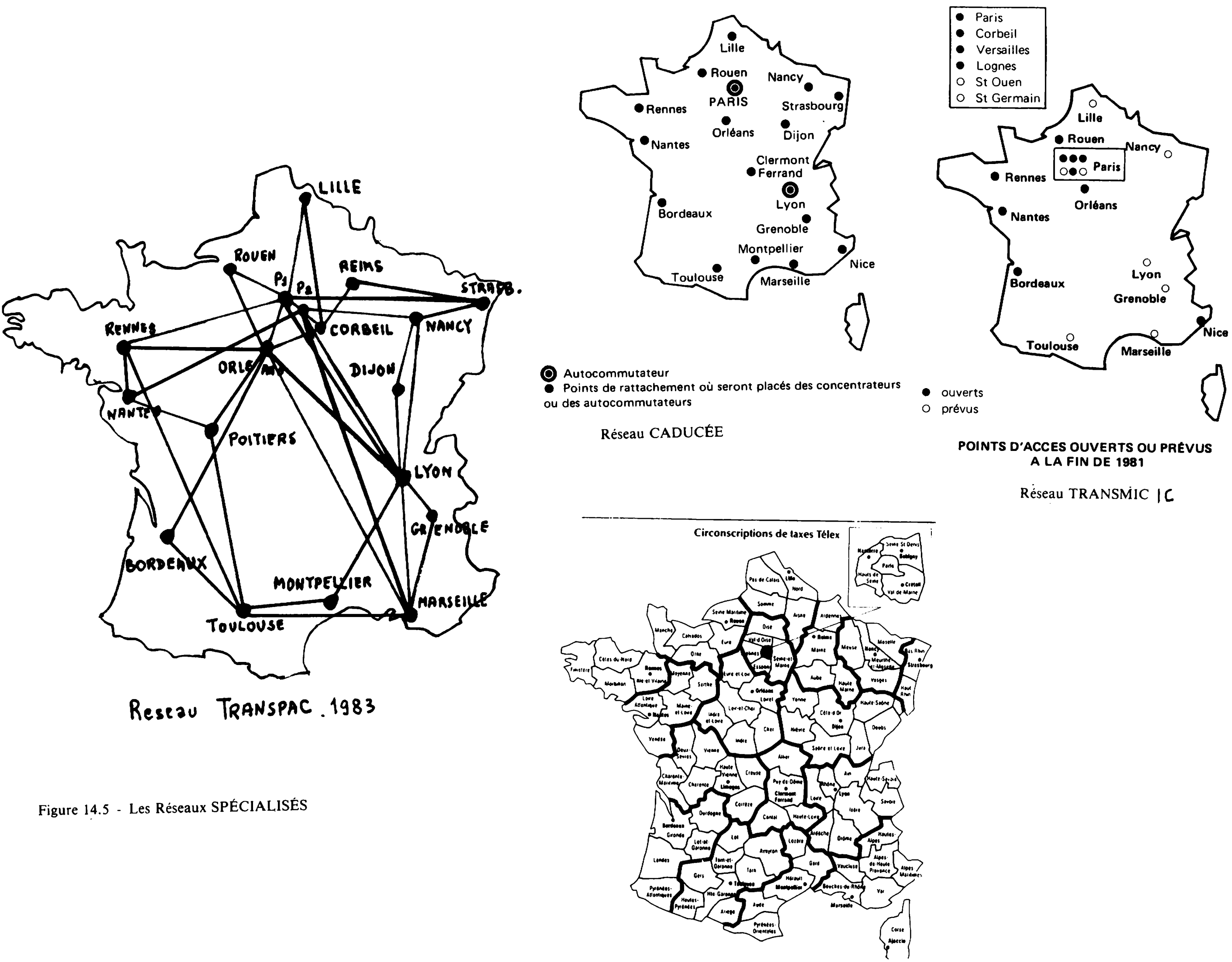


Figure 14.5 - Les Réseaux SPÉCIALISÉS

déjà utilisée sur CADUCÉE mais en le systématisant. Chaque message est découpé en paquets de 64 octets qui sont acheminés entre une vingtaine de commutateurs formant un réseau maillé (voir figure 14.5) de lignes à grande vitesse (72000 bauds). Les paquets de différentes provenances sont imbriqués pour utiliser au mieux les lignes rapides. Le commutateur de destination reconstitue les messages d'origine avant livraison au destinataire, grâce à des codes complémentaires d'identification.

*L'accès des abonnés aux commutateurs se fait par tous les moyens classiques possibles (télex, réseau commuté ou lignes spécialisées) dont les différentes vitesses sont **seules prises en compte** pour la tarification de l'abonnement mensuel d'accès au réseau qui peut aller de 530 F (300 bauds) à 2300 F (19200 bauds). La principale originalité de TRANSPAC est en effet d'avoir **abandonné** toute considération de **distance** pour le calcul des redevances mensuelles. La tarification se fait ainsi **au volume** essentiellement, à raison de 8 centimes (T.T.C.) pour 1000 octets transmis. TRANSPAC est donc ainsi particulièrement rentable pour les faibles vitesses ou les grandes distances. Une connexion internationale est d'ailleurs réalisée avec les réseaux semblables américains Telenet et Tymnet en attendant Euronet.*

Toutefois, le nombre d'abonnements possible est encore assez limité : mille raccordements effectués en début 1980, 7000 à ce jour avec des prévisions de 25000 en 1985.

D'autre part, le «protocole d'accès» (1) à TRANSPAC suit la norme internationale «Avis x 25» pour laquelle de nombreux terminaux en service (notamment les terminaux asynchrones non programmables) n'étaient pas prévus. Il s'ensuit la nécessité d'intercaler une «boîte noire» programmée par «P.A.D.» (Programme Assembleur - Désassembleur) entre terminal et modem. Véritable miniordinateur, cet intermédiaire est assez coûteux (30000 F à l'achat environ).

Les P.T.T. ont d'ailleurs créé la société d'économie mixte TRANSPAC au capital de laquelle les utilisateurs peuvent participer par l'intermédiaire d'une société GERPAC (devenue UTIPAC) qui assurera la gestion et l'évolution du réseau.

Enoncé 10

Comparaison des diverses solutions offertes

Eléments de corrigé

Le tableau fourni par la figure 14.6 s'efforce de schématiser les choix possibles.

Il faut en souligner les limites.

*1) Il a été calculé en prenant comme base une utilisation moyenne de la ligne de **deux heures par jour** pendant les heures ouvrables. (des réductions substantielles sont appliquées aux heures creuses pour les «tarifications minutées» : de 40 à 80 %);*

2) Cette durée est évidemment sans signification pour les lignes spécialisées louées forfaitairement pour une durée illimitée. Elle a d'ailleurs été choisie comme représentant un seuil de rentabilité de ces lignes par rapport aux réseaux publics de vitesse comparable;

3) La durée joue indirectement pour Transpac, augmentant le volume transmis proportionnellement à la vitesse. C'est ainsi qu'à 4800 bauds TRANSPAC acheminera près de 4 millions d'octets;

4) Les distances ne peuvent être qu'approximative pour les réseaux commutés et Telex dont les différents paliers correspondent aux limites des «circonscriptions de taxes» qui coïncident avec les frontières des cantons, départements ou régions (en général).

Pour CADUCÉE, nous avons retenu que le cas le plus avantageux quand l'abonné se trouve à moins de 5 km des autocommutateurs de raccordement;

5) Enfin d'autres considérations que le prix peuvent intervenir notamment la disponibilité de la ligne (aléatoire sur le réseau commuté) et surtout la fiabilité (maximale sur les lignes à 4 fils de Qualité Supérieure).

---

(1) On appelle protocole d'accès, l'ensemble des règles qui définissent les caractéristiques d'un réseau de télétransmissions. le CCITT, a mis au point une dizaine de protocoles recommandés sous les noms «d'avis».

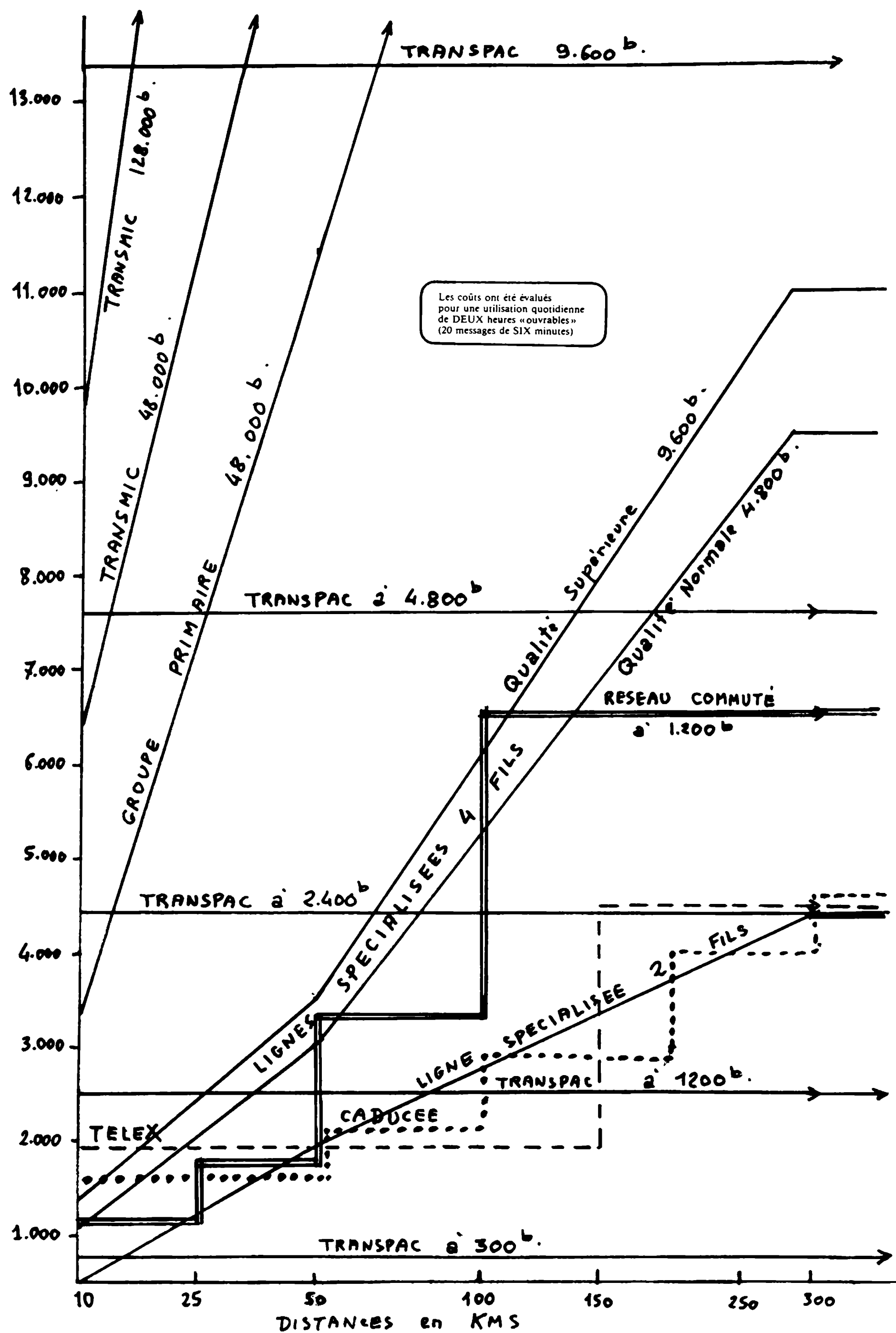


Fig. - 14.6 COMPARAISON des coûts des diverses solutions offertes par les P.T.T.

Enoncé 11

Augmentation du coût de l'ordinateur central.

Eléments de corrigé

Dans un système de téléinformatique, l'ordinateur intégré dans un tel réseau doit présenter des dispositifs complémentaires puissants et très coûteux.

Notamment, les canaux de connexions entre l'unité centrale et les éléments terminaux éloignés doivent être très performants et « multiplexeurs ». Ils permettent alors la connexion d'un nombre élevé de lignes et compensent la lenteur relative des transmissions sur ces lignes qui peuvent être moins coûteuses.

La multiprogrammation et le mode conversationnel sont absolument indispensables d'où un Software et un Système *d'exploitation* très développés prévoyant des possibilités d'interruptions, de protections et de reprises de programmes des plus complexes. Ces programmes doivent d'ailleurs être stockés dans des mémoires à accès direct si possible assez rapides (disques à têtes fixes par exemple). Ces augmentations de performances et de capacité de l'unité centrale et des mémoires auxiliaires triplent facilement le prix de revient de la machine. Il n'est pas raisonnable d'envisager un tarif de location mensuelle d'un ordinateur intégré dans un réseau de téléinformatique inférieur à 50000 F, surtout si l'on souhaite assurer le contrôle et la rectification immédiate des données transmises.

Enoncé 12

Conclusions sur le télétraitement.

Eléments de corrigé

On peut conclure qu'aujourd'hui le télé-traitement reste encore coûteux, notamment du fait des redevances P.T.T. Ce n'est que lorsque les lignes sont gratuites (domaine privé ou hors monopole comme la SNCF) ou presque (circonscriptions au tarif non minuté provisoirement) que le procédé peut être envisagé pour des traitements classiques.

L'administration des P.T.T. est consciente du problème et met progressivement au point des réseaux à tarification réduite spécialement étudiés pour la transmission de données (CADUCEE, TRANSPLEX, TRANSPAC, et surtout M.I.C.).

Au 1er janvier 1982, plus de 200000 *liaisons* « spécialisées » dans le télétraitement (y compris le télex...) étaient en service en France.

D'après leur vitesse les installations se répartissaient comme suit :
— 50 % à 200 bauds (télex surtout);
— 30 % à 1200 bauds;
— 15 % de 2400 à 9600 bauds;
— et moins de 5 % à une vitesse supérieure.

Le nombre d'installations croît de plus de 30 % par an, soit plus de 300000 terminaux en 1983 (?).

Une comparaison du nombre de terminaux par rapport à celui des unités centrales donne une moyenne inférieure à 3 terminaux par ordinateur en France mais plus du double aux U.S.A.

Enoncé 13

Qu'est-ce que la micro-informatique ?

Les baisses de prix extraordinaires auxquelles nous assistons depuis dix ans pour tout ce qui concerne la « circuiterie électronique » devait finir par aboutir à la commercialisation d'unité centrale d'ordinateur complète, mémoire comprise, *grande comme une carte postale* et d'un prix très inférieur à mille francs !... (Figure 4.7).

Il suffisait d'y adjoindre des périphériques également bon marché pour que notre ordinateur appartienne à la catégorie des appareils électro-ménagers... Paradoxalement, ce n'était pas aussi facile, car les moyens d'entrée et de sortie n'ont pas subi une évolution aussi spectaculaire. Le plus simple d'entre eux, le clavier, vaut parfois plus cher que la «carte centrale» ci-dessus !.. La solution économique consiste à se connecter à des équipements *domestiques déjà présents* dans presque tous les foyers comme le récepteur de télévision pour la sortie des résultats ou les magnétophones pour les mémoires auxiliaires sur minicassettes !..

Dans ces condition, on peut disposer d'un ordinateur programmé (en Basic) pour mois de 2000 F !..

Les applications réalisables sur un tel appareil sont évidemment assez limitées mais peuvent permettre une initiation attrayante à la programmation et assurer des besoins domestiques ou servir de base polyvalente à des jeux électroniques dont les programmes sont fournis par les minicassettes...

Enoncé 14

Les éléments spécifiques d'un micro-ordinateur.

Tous les micro-ordinateurs se composent au minimum des trois éléments évoqués ci-dessus : «carte centrale», clavier et écran cathodique.

La carte unité centrale travaille au niveau de mots de 8 bits ne permettant qu'une programmation à une seule adresse (en langage machine) mais dispose d'une *mémoire morte* (R.O.M.) dans laquelle sont enregistrés des «microcodes» ou micrologiciels et surtout un «*interprétateur Basic*» donnant l'impression que la machine travaille directement dans ce langage.

Les *claviers* sont plus ou moins sophistiqués disposant fréquemment de touches directement affectées aux ordres du BASIC (READ, PRINT, GOTO etc...) quintuplant la vitesse d'introduction des programmes.

Des *écrans cathodiques* particuliers (moins coûteux que ceux de la T.V.) jouent un rôle déterminant dans l'utilisation de l'ensemble au point d'être appelés parfois «MONITEUR»... sous réserve que le système d'exploitation soit approfondi. Il est souvent stocké lui aussi dans une R.O.M. Des machines à écrire connectés (imprimantes thermique ou matricielle) de vitesse assez réduite (40 car/seconde) sont d'une utilisation *très banalisée,* reproduisant intégralement l'image de l'écran par appui sur une simple touche par exemple.

C'est sans doute au niveau des *mémoires auxiliaires* que l'équipement des micro-ordinateurs est le plus typique. C'est le *disque souple,* lancé par I.B.M. comme moyen de saisie concurrent de la carte perforée, qui a été adopté par tous les fabricants comme mémoire externe indispensable. La version d'origine (8 pouces, simple face simple densité) a été d'abord perfectionnée (double densité, double face) pour *dépasser le million* de caractères. Elle est aujourd'hui concurrencée par les formats réduits aussi capacitaires de 5 pouces 1/4 puis 3 pouces tout récemment (figure 14.8). Deux unités de disquettes sont pratiquement indispensables pour les sauvegardes.

La taille de la mémoire centrale peut aller de 1 K à 48 K octets de façon modulaire standard et beaucoup plus sous certaines conditions (possibilité d'adressages... mots de 16 bits).

Selon le nombre et la qualité des perfectionnements évoqués ci-dessus, le prix s'étagent de 3000 à 50000 F. Dans ces «hauts de gamme», il s'agit de véritables ordinateurs professionnels capable d'effectuer des travaux de gestion ou de recherche utilisables directement par la plupart des travailleurs indépendants du secteur tertiaire (expert-comptable, architecte, etc.).

Figure 14.7 - Unité centrale de micro-ordinateur... (à l'échelle... Mémoire comprise !).



Figure 14.8 - NOUVEAU DISQUE SOUPLE
de 3 pouces !

15 Rentabilité et conclusion

Pour conclure, il est nécessaire d'aborder le délicat problème de la rentabilité de l'informatique.

Cette notions fait généralement l'objet de discussions polémiques interminables.

Nous essaierons d'abord d'évaluer les différents coûts de revient des matériels, personnels et fournitures.

Enoncé 1

Généralités sur le prix de revient d'une informatisation.

Eléments de corrigé

Le prix de revient du traitement de l'information englobe quatre chapitres de dépenses dont le prix du matériel n'est peut-être pas, contrairement à ce que l'on pourrait croire, le plus élevé. Nous envisagerons successivement :
— le coût des matériels
— les frais de personnel
— les consommations de fournitures
— les frais d'installation.

Enoncé 2

Coût des matériels actuels.

Eléments de corrigé

Le catalogue complet des matériels de traitement de l'information utilisables est, aujourd'hui, très vaste : depuis la machine à calculer de bureau imprimante jusqu'au « multiprocesseur » avec système de télétraitement. Il est certain que des difficultés considérables pour la connaissance précise de leur coût de revient, attendent l'informaticien voulant approfondir cette question. Nous ne pourrons aller très loin dans ce domaine et limiterons notre étude aux ordinateurs. On peut signaler qu'une machine comptable

coûte, à l'achat, au moins 20000 F et qu'avec les dispositifs électroniques ou magnétiques, nous rapprochant de la notion de mini-ordinateur, des prix dix fois plus élevés peuvent être facilement atteints.

Le coût des matériels doit s'interpréter selon le mode de règlement du prix des machines car il est possible d'acheter ou de louer un ordinateur. Les tenants des deux systèmes ont chacun des arguments à faire valoir. Sans prendre parti, disons simplement que le prix d'achat d'un matériel équivaut approximativement à trois années de location et que, par conséquent, si l'on envisage de *conserver le matériel en son état* pendant plus de quatre ans, il est plus avantageux d'acheter. Par contre, on se prive ainsi de possibilités de *modernisation immédiate* que permet la simple location. Avec les ordinateurs les plus récents et leur *modularité* très étendue, cet avantage est devenu moins prépondérant.

Nous avons vue en technologie que les matériels de la 3[e] génération étaient caractérisés par leur présentation très « modulée » permettant de constituer un ensemble électronique très adapté aux besoins propres de l'entreprise. Si cette modularité est, en pratique, très intéressante, elle ne fait que compliquer la question de l'évaluation d'un prix de revient. Le prix d'un dérouleur de bandes, par exemple, peut varier du simple au quadruple, selon la rapidité du matériel envisagé. Un avantage très important de cette modularité est qu'elle permet *d'étaler dans le temps la mécanisation des travaux* de l'entreprise, un ordinateur moderne étant appelé « à grossir proportionnellement » à l'importance de l'entreprise qui l'emploie. Cette notion est assez récente et permet de serrer les prix d'un peu plus près, en évitant de prévoir trop largement l'avenir, comme il était de règle avec les ordinateurs de la génération précédente.

Nous allons essayer de fournir quelques prix indicatifs dans les énoncés ci-dessous, en insistant bien sur le fait qu'ils doivent être considérés simplement comme des ordres de grandeur, rendant valables les comparaisons d'un type de matériel à l'autre, mais non pas un calcul de prix de revient très précis, relativement à un équipement envisagé. La connaissance précise de ces prix est d'autant plus difficile que, très fréquemment, les constructeurs consentent des conditions assez particulières à différentes catégories d'utilisateurs, notamment selon la durée du contrat de location souscrit (1,3 ou 5 ans).

Il s'agira de prix de location mensuelle, hors taxe, maintenance comprise.

L'utilité principale de tous ces chiffres sera de permettre des comparaisons entre types d'éléments (par exemple, bandes magnétiques ou disques amovibles) sans référence à une marque précise.

Enoncé 3

Coût des unités centrales.

Eléments de corrigé

Ces unités incluent une mémoire centrale plus ou moins capacitaire, les circuits de calcul et de commutation plus ou moins rapides (cycle de base) le bloc d'analyse des instructions du programme et des « canaux » ou « unités de contrôle internes » des éléments périphériques ou mémoires complémentaires connectés.

Les grandes variations possibles de ces trois éléments :

— Capacité de mémoire : de 4000 caractères à 4 millions d'octets, voire davantage;
— Cycle de base : de 2 microsecondes par caractère, à quelques centaines de nanosecondes pour des blocs de plusieurs octets en parallèle (jusqu'à 16);
— Nombre de canaux allant de 1 à 10; rendent très difficile tout essai de classement. Nous distinguerons quand même 3 catégories en précisant pour chacune d'elle la capacité moyenne (K = 1024 caractères alphanumériques), la durée minimale du cycle de base ramenée au transfert d'un octet et le nombre de canaux.

Unité centrale « économique »
128 K maximum, 2 microsecondes, 1 seul canal (ou « attachement direct ») 1000 à 6000 F

Unité centrale « moyenne »
jusqu'à 1024 K, moins de 500 manosecondes, 2 ou 3 canaux 10000 à 20000 F

Unité centrale « puissante »
plus de 2048 K, 100 nanosecondes, plus de 3 canaux plus de 30000 F

Enoncé 4

Coût des mémoires auxiliaires.

Eléments de corrigé

Les prix des divers « éléments » ou « unités » avancés ci-dessous n'incluent pas les « unités de contrôle » dont le coût est *souvent voisin* de celui de l'élément lui-même, mais peut être réparti. On doit souvent majorer d'au moins 50 % le prix de location en cas d'exemplaire unique...

1) *Disques magnétiques*

On peut distinguer 4 catégories :

— Disques souples ou Disquettes (de 256000 à 1 million)
— Disques *amobibles* de capacités très étagées (5 à 600 millions) à « têtes mobiles » obligatoirement et temps d'accès long de (30 à 100 millisecondes).
— Disques *fixes,* toujours de grande capacité (jusqu'à 800 million par axe).
— Disques fixes « *à têtes fixes* » de capacité réduite (10 millions par unité au maximum), mais temps d'accès très rapide (10 millisecondes).

Leur prix sont respectivement de :

Disques souples	....	< 200 F
Disques amovibles :	Capacité 5 millions environ	< 500 F
	Capacité 50 millions	< 1000 F
	Capacité jusqu'à 600 millions	> 3000 F
Disques fixes :	Grande capacité jusqu'à 800 millions	> 3000 F
Disques rapides :	Capacité de 1 à 10 millions	1000 à 5000 F

2) *Bandes magnétiques.* Elles peuvent se classer en 4 catégories :

— économique,
— moyenne,
— rapide,
— et supérieure (hypertape).

Les prix donnés ci-dessous ne concernent que celui d'un dérouleur proprement dit. Il est pratiquement indispensable d'en disposer de 4 (ou 3 si SOFTWARE adapté) pour effectuer les tris qu'impose l'accès séquentiel. Une unité de contrôle peut contrôler au moins 4 dérouleurs : il faut donc multiplier environ par cinq pour comparer avec les mémoires à disques qui permettent aussi évidemment l'accès séquentiel (généralement moins rapide) et les tris (si capacité suffisante).

Bandes économiques	
Moins de 40 Kc	moins de 1000 F
Bandes moyennes	
De 90 Kc à 160 Kc	2000 F
Bandes rapides	
De 200 Kc à 400 Kc	3000 F
Bandes à hautes performances (Hypertape)	
Bandes spéciales à chargement automatique de 600 Kc à plus d'un million de caractères par seconde	4000 à 6000 F
Unité de contrôle (jusqu'à 8 dérouleurs)	de 2000 à 8000 F

Enoncé 5

Coût des périphériques.

Eléments de corrigé

Pour ces matériels également, des unités de contrôle peuvent être nécessaires, mais seulement si *plusieurs unités* sont désirées...

a) Lecteur de cartes

— Lent	400 cartes par minute au maximum	< 1 000 F
— Standard	600 à 1 000	2 000 F
— Rapide	1 400 à 2 000	3 000 F

b) Perforateur de cartes

— Lent	100 cartes par minute	1 000 F
— Rapide	500	3 000 F

c) Lecteur + Perforateur

— Lent	400 - 100	< 2 000 F
— Rapide	1 500 - 500 et perfectionné (L.P.F.M.)	6 000 F

d) Imprimante de lignes (impression en parallèle)

— Lente	300 lignes/minute ou moins	1 000 à 3 000 F
— Standard	400 à 1 200 l/m	5 000 à 8 000 F
— Rapide	1 500 l/m à 3 500 l/m	10 000 à 20 000 F

e) Lecteur de marques optiques ou magnétiques (OMR) (et perforations, généralement).
Marques sous forme de barres ou de traits.
200 à 1 000 documents à la minute .... 2 000 à 4 000 F

f) Lecteur optique de caractères normalisés (OCR)
100 à 1 500 documents/minute (à 1 ou 2 lignes seulement...)
(nombre de lignes et de polices très variables) .... 3 000 à 10 000 F
avec *chiffres manuscrits* .... 10 000 à 20 000 F

g) Lecteur de caractères magnétiques (CMC7) .... 2 000 à 6 000 F
avec ou sans tri simultané.

h) Lecteur de ruban perforé
Vitesse de 50 à 1 500 caractères/secondes .... 100 à 500 F

i) Perforateur de ruban
Vitesse de 50 à 500 caractères/seconde .... 200 à 500 F

j) Imprimantes sérielles
Vitesse de 100 à 300 caractères/seconde .... 300 à 1 000 F
k) VISUELS (Clavier + Ecran) < 500 F

Enoncé 6

Coût du télétraitement.

Eléments de corrigé

L'utilisation du télétraitement occasionne des frais complémentaires importants à partir du moment où l'on doit utiliser le réseau des P.T.T. (Monopole en dehors de l'enceinte d'un établissement). On doit en effet assurer des « modulations » au départ et à l'arrivée nécessitant l'utilisation de 2 « MODEMS » POUR CHAQUE *LIGNE*. Ces deux appareils peuvent se louer à un prix inférieur à 500 F par mois pour les faibles vitesses tout au moins.

Il convient surtout d'ajouter le prix de location de la ligne (de 300 F à 20000 F, selon distance, rapidité et fréquences d'utilisation). Enfin, l'ordinateur connecté doit présenter des caractéristique coûteuses (canaux multiplexeurs, multiprogrammation, etc...).

Par contre, les prix des terminaux eux-mêmes sont relativement modiques et leur éventail très important, de très nombreux constructeurs s'intéressant à ces matériels.

Un poste « d'interrogation-réponse » avec un clavier et une machine à écrire ou un « écran cathodique d'affichage » peut se louer pour 1 000 F par mois environ.

Les unités de réponses verbales par combiné téléphonique classique sont encore moins chères.

Enoncé 7

Coût des matériels auxiliaires.

Eléments de corrigé

On peut rassembler sous cette catégorie générale tous les matériels travaillant de façon autonome ou off-line.

Il peut s'agir d'anciens matériels à cartes perforées (trieuses, interclasseuses, reproductrice avec lecteur de marques notamment) dont les prix de location n'ont guère de signification ; ces matériels ne se négociant plus que sur un marché d'occasion, en général.

Tous les « matériels de saisie à clavier » rentrent aussi dans cette catégorie (perforatrice-vérificatrice, encodeur de bandes ou de disquettes). Leur coût de location voisin de 1 000 francs par mois importe beaucoup moins que le salaire de la dactylocodeuse qui les sert.

Les matériels de « façonnage » ne se louent généralement pas et leur prix est assez élevé : 20000 Frs au moins pour une bonne déliasseuse.

Enoncé 8

Frais de personnel.

Eléments de corrigé

Encore plus difficile que pour les matériels, l'évaluation des rémunérations des personnels informaticiens ne peut être abordée sans une extrême prudence. Les chiffres avancés sont à considérer plutôt comme des minimums et s'efforcent *d'inclure la totalité des charges indirectes envisageables.*

1) *Personnels d'exécution :*

En informatique, même le personnel d'exécution présente un niveau de spécialisation assez élevé qui, joint à la rareté actuelle de ces personnels, conduit à des coûts salariaux nettement *supérieurs* à ceux rencontrés pour le personnel administratif, à niveau d'instruction comparable sinon supérieur.

Le personnel d'exécution le plus difficile à se procurer, est certainement celui assurant la création des supports mécaniques de l'information, généralement perforeurs et vérifieurs de cartes ou dactylocodeurs sur bandes.

Les dépenses de salaire globales relatives à ces personnels sont très élevées pour plusieurs raisons. La principale réside dans le fait que ce métier est excessivement pénible et fatigant. L'employeur est amené à procéder à un renouvellement permanent de ses équipes; la plupart des perforeuses essayant de quitter cette spécialité le plus rapidement possible. Il n'est pas rare de constater dans un atelier une moyenne d'ancienneté du personnel de perforation très inférieure à dix ans : c'est dire qu'une partie de ce personnel est toujours, plus ou moins, débutant avec un rendement aléatoire. L'absentéisme est également très élevé pour cause de maladies professionnelles très réelles. Pour toutes ces raisons on peut évaluer à 6000 F par mois, *le montant global* de la rémunération d'une perforeuse.

Le personnel d'exécution sur machines d'exploitation assure des tâches nettement moins fatigantes et présente une stabilité beaucoup plus grande, ce qui compense un salaire un peu plus élevé, si bien que l'on peut rester dans un ordre de grandeur identique à celui du coût de la perforation.

b) *Personnel d'étude :*

Le personnel d'étude, par contre, doit être rémunéré dans des conditions très supérieures. Pour ne parler que des programmeurs, une *rémunération mensuelle* de 6000 F peut être considérée comme un *salaire de début*. Quant aux analystes, si leur qualification et leur expérience sont très élevées, 15000 F par mois est chose courante. Ces personnels sont relativement stables, mais leur emploi peut être épisodique : des démarrages ou des changements d'ordinateur nécessitant des volumes d'analyse et de programmation plus élevés que la simple « maintenance » des programmes en service, encore que celle-ci accapare fréquemment 40 % du potentiel d'analyse-programmation d'un service informatique.

Enoncé 9

Consommations et fournitures.

Eléments de corrigé

1) *Courant électrique*

Les dépenses de courant électrique peuvent être importantes, mais resteraient relativement négligeables par rapport au prix de location si l'on ne devait souvent prévoir une coûteuse installation de dépannage pour pallier des défaillances dans la fourniture du courant (grève notamment). Il faut bien se rendre compte que, lorsque la gestion d'une entreprise est mécanisée à 95 %, le planning d'exécution des travaux sur ordinateur est particulièrement « tendu » et la moindre journée perdue peut avoir des conséquences en chaîne d'une importance considérable. Nombreuses sont les entreprises ayant prévu l'installation d'un groupe électrogène de secours pour continuer à faire fonctionner leur ordinateur en toutes circonstances...

2) *Fournitures*

En négligeant des fournitures plus secondaires mais coûteuses, telles que les rubans d'imprimante, un poste de dépenses très important intéresse les matières informatiques « consommables » (cartes et imprimés) ou « récupérables » (bandes ou disques amovibles qui ne se louent pas...en principe...).

a - *Cartes perforées*

Le prix atteint deux centimes pièce pour les cartes standards.

Pour les « cartes à cliché », le coût de celui-ci... 500 F environ, devient négligeable pour de grosses quantités : un millime par carte à partir de 500000.

b - *Imprimés mécanographiques.*

Le papier d'alimentation des imprimantes doit être « façonné » (présenté en continu, plié en accordéon, avec bandes d'entraînement latérales perforées) et est couramment désigné sous le nom de « paravents ». Son prix est assez élevé, de l'ordre de 6 centimes la feuille en SIMPLE exemplaire, 10 à 30 pour les liasses multiples carbonnées... AVEC impression préalable (cadres, textes) les prix dépassent *couramment 50 centimes pour un imprimé* en multiples exemplaires, selon la quantité commandée essentiellement.

c - *Bandes magnétiques.*

Selon leur qualité et leur longueur, le prix d'achat de ces bandes va de 60 à 100 F pièce. Le nombre de fabricants s'accroît chaque jour (MEMOREX, PYRAL, 3M, AUDEV, BASF, KODAK, etc...) et les prix tendent à diminuer.

d - *Discpacks.*

Les disques magnétiques amovibles sont également fabriqués par plusieurs sociétés (MEMOREX, HONEYWELL, IBM, BASF). Les « dispacks » les plus courants coûtent environ 2000 F pièce.

e - *Disques souples ou FLOPPY DISKS ou DISQUETTES ne valent que 30 F pièce.*

Enoncé 10

Frais d'installation.

Eléments de corrigé

Le chapitre 13 nous a fait découvrir toutes les servitudes d'installation qu'entraînait un service informatique d'une certaine importance.

Les frais correspondants sont très élevés. Il y a quelques années, on les considérait comme équivalents au montant d'*une année de location* des matériels informatiques à installer. Cette évaluation serait sans doute optimiste aujourd'hui du fait de la baisse relative mais continue des ordinateurs.

Enoncé 11

Notion de rendement d'un service informatique.

Eléments de corrigé

Avant de parler de rentabilité, il est nécessaire d'évoquer la notion de rendement d'un service informatique qui est à la base de polémiques très actuelles.

Un service informatique a toujours un coût de fonctionnement élevé. Donc, la recherche d'un rendement maximal, avec travail en double, voire triple équipe semble une finalité hautement souhaitable. C'est pourtant discutable.

L'intérêt de l'informatisation est d'améliorer considérablement la gestion globale de l'entreprise (voir ci-après) et non de faire tourner l'ordinateur à 200 % (de son temps de location de 8 heures par jour en général). Beaucoup de matériels, de transport notamment, ne servent que quelques heures par jour et cela paraît normal ou inévitable. Leur coût est pourtant également très élevé (autocars avec leurs conducteurs et leur entretien).

Il n'en reste pas moins que le rendement d'un S.I. doit être surveillé de très près. Notamment, les échéances de fournitures des travaux prévus doivent être rigoureusement respectées sous peine de désorganiser complètement le fonctionnement d'une entreprise ayant « tout basé sur l'ordinateur ».

L'ordonnancement rationnel des travaux informatiques et leur suivi sur des tableaux de planning sont des conditions essentielles du respect de ces échéances qui est beaucoup plus important que le temps de chômage éventuel de la machine.

Enoncé 12

La rentabilité ; difficile à prouver.

Eléments de corrigé

Les comparaisons de prix de revient entre diverses procédures soulèvent de très grosses difficultés. Nous nous contenterons d'en noter quelques-unes :

1) Volume des travaux.

Le volume des travaux fournis, évalué par exemple en nombre de lignes imprimées, peut se trouver très différent dans une version très automatisée par rapport à une version plus traditionnelle. Un exemple caractéristique éclaircira ce point important. Si nous effectuons une gestion de stock par moyen mécanique, la procédure la plus courante avec des cartes perforées sera de sortir un état de stock *périodique* (quinzaine fréquemment) présentant la *situation de tous les articles.* Au contraire, un ordinateur se contentera *d'éditer chaque jour* les renseignements relatifs *aux seuls articles* présentant des particularités intéressantes à souligner : stock minimal atteint par exemple. Cette méthode porte le nom de « traitement par exception » et est caractéristique du traitement sur ordinateur à mémoires importantes. Il est donc souvent délicat de comparer des applications dont le volume d'édition est très différent, sans tenir compte des travaux manuels ultérieurs FACILITÉS ou, au contraire, COMPLIQUÉS par les états mécanographiques fournis.

2) Délais d'exécution.

Même chose pour les délais d'exécution qui sont, en général, très difficilement comparables. On peut, par exemple, dire qu'un service informatique central « sortira » mille factures par jour sans aucune difficulté. Mais ceci ne veut absolument pas dire que lesdites factures nécessitent, pour être établies, un temps inférieur à la minute comme le laisserait supposer un calcul simpliste $\frac{60 \times 8\text{ h}}{1000}$. Il pourrait s'écouler facilement plusieurs heures, sinon plusieurs jours entre ***l'arrivée de la commande, au service informatique*** et l'expédition de la facture par le service du contrôle. Ceci est très important à souligner car les matériels utilisés dans les deux procédures n'ont évidemment pas les mêmes servitudes. Si l'établissement de mille factures par jour nécessite une vingtaine de machines comptables, il faut bien comprendre que, si une facture est urgente, elle peut être obtenue dans le quart d'heure qui suit. Une telle réalisation sera toujours impensable avec la plupart des ordinateurs. Cette caractéristique du traitement, à la chaîne ou parcellaire qui a longtemps caractérisé les services informatiques à cartes perforées, ou à bandes magnétiques, est une servitude de ce mode de traitement dit « différé ». Cette servitude commence à s'atténuer avec l'utilisation des systèmes informatiques les plus modernes, dans lesquels l'ordinateur dispose de vastes mémoires et travaille ***« en temps réel »*** par l'utilisation de lignes téléphoniques et l'application de *la multiprogrammation.* Mais il ne faut pas dissimuler l'aspect un peu futuriste de ces solutions, surtout à cause de leur prix de revient considérable, en l'état actuel des communications téléphoniques.

3) Approfondissement du traitement.

Les comparaisons sont encore rendues plus délicates par les différences de qualité et d'approfondissement du traitement obtenu. Il est évident que si l'on se contente d'obtenir avec un ordinateur, exactement les mêmes résultats que ceux fournis manuellement ou par une machine comptable, la mécanisation gardera un aspect très partiel et très simpliste et ***paraîtra alors très coûteuse.*** La raison d'être de l'informatique est ailleurs. Les documents fournis doivent être beaucoup plus fouillés. Les traitements beaucoup plus élaborés et les documents plus explicites et plus riches d'enseignements pour l'utilisateur.

Enoncé 13

La rentabilité indirecte.

Eléments de corrigé

Encore plus bénéfique sera l'obtention des « sous-produits » que fournira la mécanisation; ce que l'on appelle actuellement les « retombées informatiques ».

Il est typique de noter à cet égard une différence fondamentale de raisonnement de la part de l'organisateur informaticien et de l'organisateur traditionnel. Si l'on ne dispose que de matériel à clavier classique (machine à écrire ou machines comptables), l'organisateur s'efforcera d'obtenir par *une seule frappe* le maximum de documents simultanés, quitte à mettre au point des modèles d'état polyvalents qui ne seront toujours que des compromis très discutables. Exemple typique : les bulletins de paye obtenus sur les machines comptables sous forme de bandelettes de 70 cm de long sur trois de haut qui sont des plus difficiles à comprendre et à archiver. Par contre, ils ont l'avantage d'être obtenus *simultanément au journal de paye* par duplication (ledit journal n'étant pas plus satisfaisant pour le comptable d'ailleurs...). Il est évident que l'informaticien n'aura pas la même préoccupation puisque la frappe nécessaire au traitement de la paye aura lieu ***initialement au niveau de la création des cartes perforées*** et qu'une fois ce support disponible, le nombre de passages dans les machines sera d'un prix de revient ***négligeable*** par rapport au ***coût de la frappe.*** On étudiera alors ***séparément*** le bulletin et le journal de paye, en s'efforçant de mettre au point deux imprimés idéaux correspondant aux besoins de la comptabilité d'une part et des administrés ou service de paye d'autre part. On n'hésitera pas non plus, toujours pour ce problème de paye, à utiliser les cartes d'origine pour préparer les enveloppes de paye, effectuer un décompte de monnaie, obtenir des statistiques, etc... qui seront autant de ***retombées gratuites*** de la mécanisation, alors que bien entendu, sur machines comptables, on ne cherche qu'à éluder tous travaux complémentaires générateurs de nouvelles frappes dactylographiques.

Nous venons d'évoquer quelques travaux nouveaux, mais des plus élémentaires que permet la mécanisation. L'utilisation rationnelle et scientifique des ordinateurs permet d'aller beaucoup plus loin. On entrevoit, aujourd'hui, des solutions beaucoup plus révolutionnaires dans lesquelles l'ordinateur sera devenu un véritable outil de commandement permettant d'élaborer des projets de décision, d'une façon très approfondie. C'est ce que les américains appellent déjà « diriger au computer » (= ordinateur).

La « *gestion scientifique des stocks* » peut déjà en donner une idée. Un ordinateur de moyenne capacité est fort capable de gérer les stocks *simultanément* à la facturation donc, de déterminer au moment même où la facture est établie les articles dont le stock minimal est atteint et qui nécessitent, de ce fait, un réapprovisionnement immédiat. Ce stock minimal sera calculé par *l'ordinateur lui-même,* en fonction des *ventes* précédentes qu'il aura *stockées en mémoire.* Les formules de calcul de ce stock auront été élaborées par le service des achats, *une fois pour toutes* et pourront tenir compte de nombreux paramètres comme, notamment, la période de l'année, pour calculer ces stocks au plus juste. On peut même faire établir par la machine les lettres de commande aux fournisseurs avec les quantités à commander, ne laissant plus au service des achats que le soin de signer et de vérifier la vraisemblance et l'opportunité de la commande, bien entendu.

Enoncé 14

Conclusion sur la rentabilité.

Eléments de corrigé

De tout ce qui précède, on peut conclure que les classiques comparaisons de prix de revient financier avant et après mécanisation n'ont guère de sens. Il faut évoquer cette notion de rentabilité d'une façon beaucoup plus globale.

En résumé et en conclusion, on peut dire que le but réel et hautement souhaitable d'une mécanisation n'est pas d'essayer de diminuer le coût de revient des travaux administratifs et comptables d'une entreprise, mais bien de leur *donner une efficacité* beaucoup plus grande. Améliorer dans tous les sens, les travaux des ateliers de production, d'expédition ou autres par une gestion automatisée de la « paperasserie », est le rôle fondamental de l'ordinateur. Il doit permettre d'une façon indirecte mais très efficace d'améliorer la *rentabilité générale de l'entreprise* et non celle d'un seul bureau ou service considéré comme une fin en soi...

C'est dans cette optique que l'on a pu dire très récemment que l'avenir des entreprises françaises dépendait, pour une très grande part, de la façon dont *elles sauraient utiliser* les matériels informatiques.

Jointe aux techniques de télétransmissions, l'informatique représente désormais le facteur déterminant de l'évolution de toute société.

Le récent rapport de M.M. NORA et MINC sur l'« informatisation de la société » accélérée par la « télématique » et les remous qu'il a provoqués prouvent bien l'importance du problème et l'urgence des réflexions ou décisions qu'il implique.

Que ce soit dans le domaine du niveau de l'emploi en général ou plus spécialement pour celui de certaines professions (banques, assurances, postes, enseignement, etc...), la télématique aura un impact social considérable.

Au niveau des pouvoirs, de la concurrence, de l'indépendance nationale, du développement de la culture, son influence sera tout aussi extraordinaire et toutes prévisions à ce sujet sembleraient bien présomptueuses.

Enoncé 15

Aperçu comparatif sur les puissances des matériels récents

Eléments de corrigé

Malgré toutes les réserves et précautions que nécessite une telle tentative, nous allons essayer de donner quelques indications comparatives sur les puissances des matériels les plus récents.

Les tableaux des figures 15.1 et 15.2 schématisent la répartition des principaux matériels *actuellement en fabrication* qui ne représentent évidemment qu'une très faible part des matériels effectivement en service (certains ne sont même pas encore livrables en Europe). Nous avons toutefois fait une exception pour la gamme 370-IBM qui sert fréquemment de base de comparaison, pour laquelle nous avons retenu l'ensemble des modèles, même si certains ne sont plus fabriqués depuis 1979.

D'autre part, le classement de ces matériels ne peut être que très approché ce que souligne la présence de traits de longueur approximative. En principe, les matériels sont répartis selon leur PIP (Power Indice Profile) mais les constructeurs ne l'évaluent pas toujours exactement de la même façon. La vitesse de fonctionnement de l'unité centrale en représente fréquemment le critère dominant ; elle est évaluée en « MIPS » (Millions d'Instructions « courantes » par seconde), voire en mégaflops (millions d'opérations en virgule flottante par seconde). Elle suppose généralement une taille mémoire correspondante pour permettre une multiprogrammation d'autant plus approfondie que le processeur est plus rapide.

Nous avons préféré établir deux tableaux avec des échelles différentes plutôt que d'avoir recours à une échelle logarithmique beaucoup moins parlante... Nous avons retenu comme unité de référence, les performances du bas de gamme de l'ancienne série 370 (modèle 115) qui continuent de servir de « point d'entrée » à beaucoup de séries modulaires actuelles (E d'IBM, 64DPS de CII HB, 1900 de Burroughs, ME29 d'ICL, 3000 d'Hewlett Packard, SOLAR de la S.E.M.S., 9000 d'UNIVAC; V 8500II de NCR). Elle doit correspondre très approximativement à une vitesse de 0,1 MIPS et un prix d'achat inférieur au million de F (ou 30000 F de location mensuelle) avec un équipement périphérique « classique » (?).

Les différentes séries ont été représentées par un trait continu avec le nom de la série au-dessus à gauche et les divers numéros des modèles en dessous à l'emplacement correspondant à leur puissance. Le nom de la série se termine par un nombre de tirets correspondant, en principe, à celui des chiffres caractéristiques de chaque modèle... Par exemple 303 - deviendra 3031 ou 3032, DPS 7 - - DPS 735 etc...

Bien entendu, malgré leur grande modularité, la succession des modèles ne couvre pas forcément exactement toutes les puissances intermédiaires recouvertes par le trait continu. Cette simplification a d'abord été imaginée pour alléger le dessin mais elle correspond à un objectif que s'efforcent d'atteindre la plupart des constructeurs qui sortent souvent des nouveaux modèles dits « bridés » pour remplir un créneau et baisser leurs prix.

Dans la figure 15.1, l'échelle de la première page (en dessous de 1) a été agrandie pour prévoir le maximum de matériels possibles... C'est dans cette plage en effet que la variété est la plus grande, celle des grandes puissances (figure 15.2) étant au contraire plutôt déserte...

Nous nous sommes limités aux onze constructeurs les mieux implantés en France en respectant approximativement le classement, *en valeur,* de leur parc respectif : IBM près de 40 %, CIIHB 20 %, et les autres 3 à 4 % chacun... Les 10 % restant intéressent des matériels de faible valeur fournis par plus de 30 autres constructeurs !..

Enoncé 16

Aperçu comparatif sur les coûts

Le tableau de la figure 15.3 fournit quelques exemples de prix de vente de configurations d'ordinateurs récents. Il doit être interprété avec beaucoup de précautions car des caractéristiques parfois très importantes n'y sont pas mentionnées, telles la vitesse de calcul de l'unité centrale ou le nombre de canaux.

En outre, il s'agit de prix ayant une double origine :

— des contrats réels de location, en général, (les montants étant alors multipliés par 30 pour retrouver le prix de vente) de matériels déjà en place.

— des prix extraits des catalogues de constructeurs pour les matériels les plus récents... non encore livrés.

Il en résulte des différences paradoxales qu'il convient d'expliquer. D'une année sur l'autre, le coût des nouveaux matériels informatiques (unités centrales surtout) baisse d'environ 30 % !... Mais ceci ne veut pas dire que les anciens contrats des matériels livrés soient réduits d'autant. Les clients auraient, bien entendu, intérêt à changer tout de suite leur « matériel dépassé » si les délais de livraison des nouveaux le permettaient !.. Or, ils s'allongent de plus en plus : près de deux ans pour les modèles les plus séduisants !..

Enfin les prix avancés n'incluent pas, ou très peu, de fourniture de logiciels qui peut représenter pour les modèles les plus économiques, un investissement du même ordre que le coût du matériel !..

Pour le détail du contenu des colonnes, il faut préciser que :

— les disquettes ne sont mentionnées que pour les modèles les plus économiques, l'incidence de leur coût devenant négligeable dans les «hauts de gamme».

— les vitesses des imprimantes sérielles (S) ont été négligées : elles s'étagent de 40 à 200 caractères par seconde.

— de même, celles des dérouleurs de bandes de l'ordre de 100 à 300 kilocycles... sauf lorsque la lettre R (rapide) est ajoutée, il s'agit alors d'«hypertape» dont la vitesse avoisine ou dépasse les 1000 kilocycles.

En conclusion, on peut souligner la grande importance de l'équipement périphérique dans le coût global.

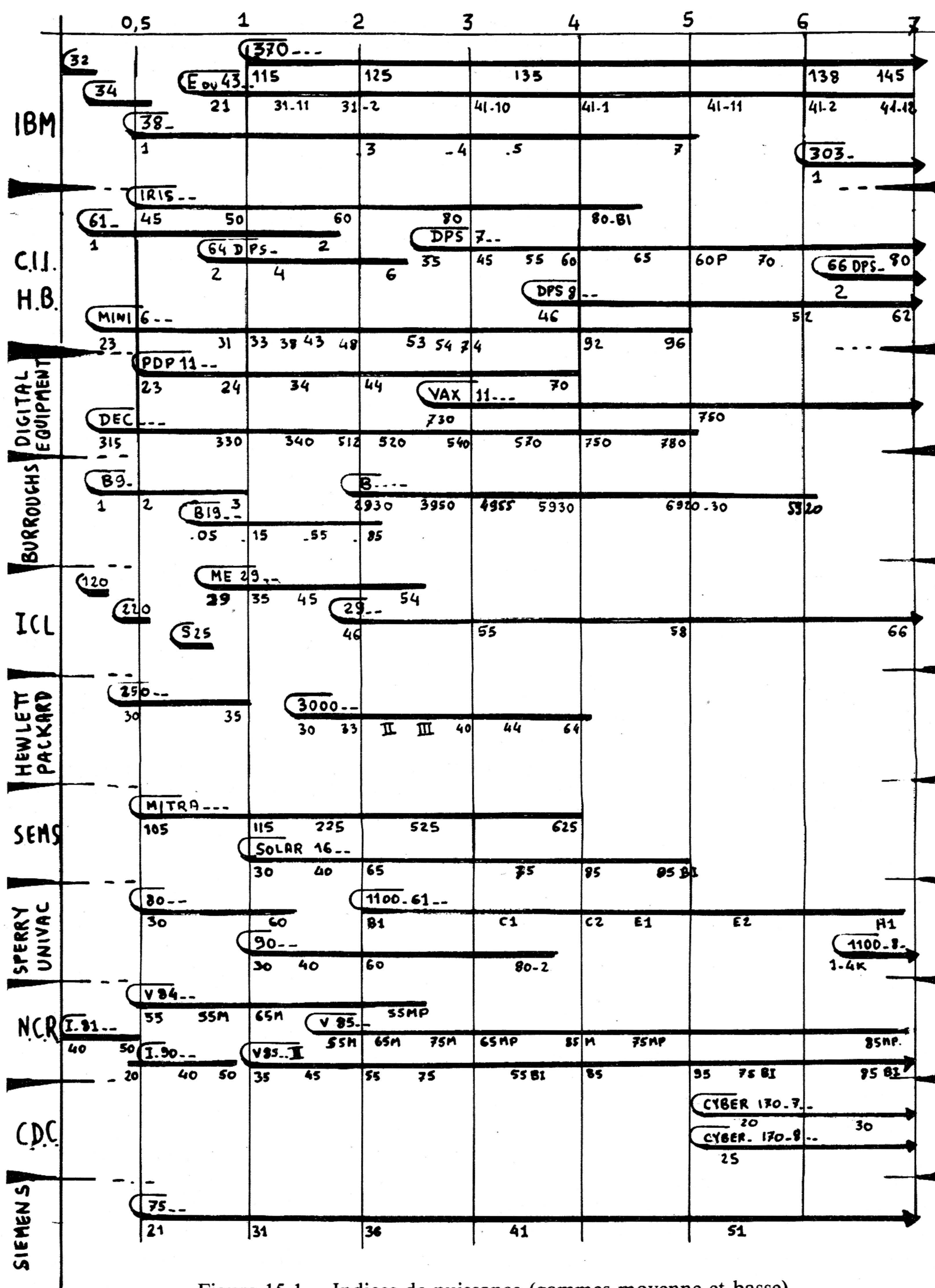


Figure 15.1 - Indices de puissance (gammes moyenne et basse).

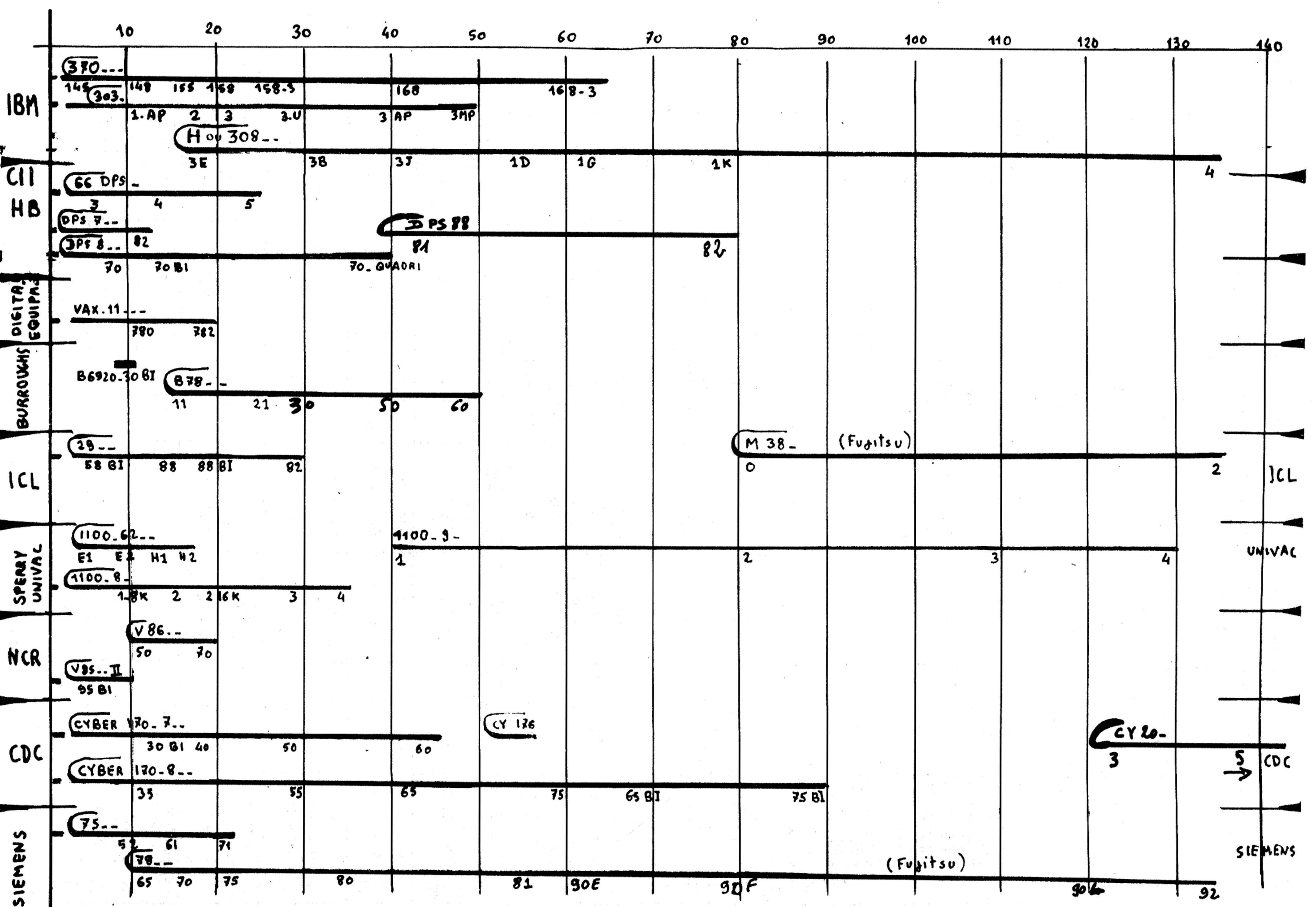


Figure 15.2 - Indices de puissance (hauts de gamme).

MARQUES	TYPES	CAPACITES de MEMOIRE.. en MILLIONS d'OCTETS CENTRALE	sur DISQUES	PERIPHERIQUES ENTREES V = VISUEL LC = Lecteur C.P. D.S = Disquette	IMPRIMANTES Vitesse en lignes/min S = Sérielles	BANDES Nombre de DEROULEURS	PRIX de VENTE H.T. en KiloFr.
IBM	34	0,26	5	1V 1D.S.	1S	-	300
	38-3	0,52	65	7V 1 D.S.	650	-	650
	38.7	3	570 x 4	8V	650 + 1.200	2	3.200
	4331-2	1,05	64 x 6	10V L.C.	600	2	2.400
	4341-1	2,1	570 x 3	10V L.C	1 200	2	4.000
	3083.E	8	570 x 3	10V L.C.	1200	2	11.000
CII HB	61-2	0,26	23	2V	1S	-	200
	MINI 6.31	0,26	16	2V	1S	-	210
	64 DPS 4	1,05	200 x 4	4V L.C.	1000	2	1800
	66 DPS 5	2,1	626 x 4	12V L.C.	1000	4 R	3.600
	DPS 7.55	2,1	550 x 3	12V L.C.	1200	2	3.300
	DPS 7.60	2,1	550 x 8	16V L.C.	1200	6R	5.400
DIGITAL EQUIPMENT	DEC 300	0,13	2 D.S	1V	100	-	100
	DEC 512	0,26	10 x 2	1V	1S	-	240
	VAX 11 730	1,05	20	2V	1S	-	400
	VAX 11 780	2,1	124	10V	1.200	1	2.900
BURROUGHS	B 93	0,26	10 x 2	1V	300	-	250
	B 1915	0,13	65	1V	350	-	500
	B 1985	1,05	130	2V	750	-	940
	B 6920	786 x 3	400 x 4	4V L.C.	1.100	2	4.200
ICL	S 25-71	0,13	5	1V	1S	-	190
	S 25-73	0,33	130 x 4	12V	600	1	1.250
	ME 29 29	0,52	70	2V	1S	-	380
	ME 29 35	0,26	35	4V	1S	-	320
	ME 29 45	1,05	560 x 2	16V	720 + 6S	-	1.300
	ME 29 54	2,1	500 + 120 x 2	6V	720 + 1100	2	3.000
HEWLETT PACKARD	3000 III	0,26	50	1V 1D.S	1S	1	600
	3000-40	0,26	27	4V	1S	-	380
	3000-64	2,1	120	12V	1S	1	1.800
S.E.M.S.	MITRA 525	0,26	50	5V LC	300	2	650
	SOLAR 1685	0,65	50 x 4	LC 10V	600 x 2	2	2200
UNIVAC	80-30	0,26	720	1V 1D.S	1S	-	400
	1100-60 C2	2,1	564 x 3	1V L.C	1200	3	2.700
	1100.60 H2	4,2	564 x 8	2V L.C.	2000 x 2	6 R	6.000
NCR	I 8150	0,13	81	3V	125	-	380
	V 8455	1,05	270	5V L.C.	600	2	800
	V 8650	4,1	270 x 10	120V L.C.	1.250 x 3	3R	10.000
CDC	CYBER 170-750	1,3	692 x 2	2 L.C 10V	1.000	4R	8.000
SIEMENS	7521	0,52	60 x 3	4V L.C	300	-	600
	7541	2,1	420 x 3	6V L.C	600	2R	2.700

Figure 15.3 - Exemples de prix récents.

ANNEXE

VOCABULAIRE DE L'INFORMATIQUE

Termes obligatoires

Ces termes seront obligatoirement utilisés :
a) A compter d'un délai de trois mois suivant la publication du présent arrêté dans les décrets, arrêtés, circulaires, instructions et directives des ministres et fonctionnaires de l'Etat placés sous leur autorité.
b) A compter d'un délai de six mois suivant la publication du présent arrêté, dans les correspondances, documents et production de quelque nature que ce soit qui émanent des administrations, services et établissements publics de l'état (ou qui leur sont adressés).

ACCÈS DIRECT n.m.
Mode d'écriture ou de lecture de données se faisant au moyen d'adresses qui repèrent leur emplacement.
Anglais : direct access; random access.

ACCÈS SÉQUENTIEL n.m.
Mode d'écriture ou de lecture de données effectué en suivant un ordre pré-établi de rangement.
Anglais : serial access.

AUTONOME adj.
Se dit d'un matériel lorsqu'il fonctionne indépendamment de tout autre.
Anglais : off line.

BANQUE DE DONNÉES n.f.
Ensemble de données relatif à un domaine défini des **connaissances** et organisé pour être offert aux **consultations** d'utilisateurs.
Anglais : data bank.

BASE DE DONNÉES n.f.
Ensemble de données organisé en vue de son utilisation par des programmes correspondant à des applications distinctes et de manière à faciliter **l'évolution indépendante** des données et des programmes.
Anglais : data base.

BUREAUTIQUE n.f.
Ensemble des techniques et des moyens tendant à automatiser les activités de bureau et principale-

ment le traitement et la communication de la parole, de l'écrit et de l'image.

COMPATIBILITÉ n.f.
Qualité d'un matériel ou d'un logiciel conforme aux règles d'interface d'un système informatique défini, et dont l'introduction n'altère pas les conditions de fonctionnement de ce système.
Anglais : compatibility.

DISQUE MAGNÉTIQUE n.m.
DISQUE (par abréviation)
Disque recouvert d'une couche magnétique où sont enregistrées des données.
Anglais : magnetic disk.

DISQUE OPTIQUE n.m.
Disque où sont enregistrées des données lisibles par un procédé optique.

DISQUETTE n.f.
Disque magnétique souple, de dimensions et de capacité réduites.
Anglais : diskette, floppy disk.

DONNÉE n.f.
Représentation d'une information sous une forme conventionnelle destinée à faciliter son traitement.
Anglais : data.

EN LIGNE loc. adj.
Se dit d'un matériel lorsqu'il fonctionne en relation directe avec un autre.
Anglais : on line.

GÉNIE INFORMATIQUE n.m.
Conception, réalisation et validation des systèmes informatiques.

INCRÉMENT n.m.
Quantité dont on augmente la valeur d'une variable à chaque phase de l'exécution d'un programme.
Termes dérivés : **INCRÉMENTER** v., **INCRÉMENTIEL** adj., **DÉCRÉMENT** n.m.
Anglais : increment.

INFOGRAPHIE n.f.
Application de l'informatique à la représentation graphique et au traitement de l'image.

INFORMATION n.f.
Élément de connaissance susceptible d'être représenté à l'aide de conventions pour être conservé, traité ou communiqué.

INFORMATIQUE n.f.
Science du traitement rationnel, notamment par machines automatiques, de l'information considérée comme le support des connaissances humaines et des communications dans les domaines technique, économique et social (Définition approuvée par l'Académie française).
Anglais : informating processing.

INSTRUCTION n.f.
Consigne exprimée dans un langage de programmation.
Anglais : instruction; statement.

INTERACTIF adj.
Qualifie les matériels, les programmes ou les conditions d'exploitation qui permettent des actions réciproques en mode dialogué avec des utilisateurs ou en temps réel avec des appareils.
Anglais : interactive.

INTERFACE n.f.
Jonction entre deux matériels ou logiciels leur permettant d'échanger des informations par l'adoption de règles communes physiques ou logiques.
Anglais : interface.

LISTAGE n.m.
Document en continu produit par une imprimante d'ordinateur.
Action de lister.
Anglais : listing.

LISTER v.
Produire un document en continu à l'aide d'une imprimante d'ordinateur.
Présenter des données ou des instructions.
Anglais : to list.

LOGICIEL n.m.
Ensemble des programmes, procédés et règles, et éventuellement de la documentation, relatifs au fonctionnement d'un ensemble de traitement de l'information.
Anglais : software.

MATÉRIEL n.m.
Ensemble des éléments physiques employés pour le traitement de données.
Anglais : hardware.

MÉMOIRE n.f.
Organe qui permet l'enregistrement, la conservation et la restitution de données.
Anglais : storage, memory.

MÉMOIRE DE MASSE n.f.
Mémoire externe de très grande capacité.
Anglais : mass storage.

MÉMOIRE MORTE n.f.
Mémoire dont le contenu ne peut être modifié en usage normal.
Anglais : read only memory, ROM.

MÉMOIRE VIVE n.f.
Mémoire dont le contenu peut être modifié en usage normal.
Anglais : random access memory, RAM.

MICROPROCESSEUR n.m.
Processeur miniaturisé dont tous les éléments sont, en principe, rassemblés en **un seul circuit intégré.**

MODE DIALOGUÉ n.m.
Mode de traitement de données permettant un dialogue entre système informatique et utilisateur.
Anglais : conversational mode.

MULTIPROGRAMMATION n.f.
Technique d'exploitation permettant l'excécution imbriquée de plusieurs programmes menés de front.
Anglais : multiprogramming.

MULTITRAITEMENT n.m.
Mode de fonctionnement d'un ordinateur selon lequel plusieurs processeurs ayant accès à des mémoires communes peuvent opérer en parallèle sur des programmes différents.
Anglais : multiprocessing.

NUMÉRIQUE adj.
Se dit, par opposition à analogique, de la représentation de données ou de grandeurs physiques au moyen de caractères - des chiffres généralement - et aussi des systèmes, dispositifs ou procédés employant ce mode de représentation discrète.
Anglais : digital, numerical, numeric.

PARTAGE DE TEMPS n.m.
Technique d'exploitation d'un même ordinateur par plusieurs utilisateurs qui exécutent simultanément en mode dialogué, chacun à son propre rythme, des travaux indépendants.
Remarque : dans l'usage courant on peut utiliser la forme «travail en temps partagé».
Anglais : time - sharing.

PHOTOSTYLE n.m.
Dispositif d'entrée que l'opérateur pointe directement sur l'écran d'une visu.
Anglais : light pen.

PORTABILITÉ n.f.
Aptitude d'un programme à être utilisé sur des systèmes informatiques de types différents.

PROCESSEUR n.m.
Organe destiné, dans un ordinateur ou une autre machine, à **interpréter et exécuter** des instructions.
Par analogie, ensemble de programmes permettant d'exécuter sur un ordinateur des programmes écrits dans un certain langage.
Anglais : processor.

BI, TRI, MULTI-PROCESSOR n.m.
Ordinateur ayant deux, trois, plusieurs processeurs centraux.
Anglais : bi, tri, multiprocessor.

PROGICIEL n.m.
Ensemble complet et documenté de programmes conçu pour être fourni à plusieurs utilisateurs, en vue d'une même application ou d'une même fonction.
Anglais : package.

ROBOTIQUE n.f.
Ensemble des études et des techniques de conception et de mise en œuvre des robots effectuant des tâches déterminées en s'adaptant à leur environnement.

DE SECOURS loc. adj.
Qualifie les procédures et les matériels destinés à être utilisés dans certains cas d'anomalie de fonctionnement.
Anglais : back up.

SERVEUR n.m.
Organisme exploitant un système informatique permettant à un demandeur la consultation et l'utilisation directes d'une ou plusieurs banques de données.

SYSTÈMES D'EXPLOITATION n.m.
Logiciel gérant un ordinateur, indépendant des programmes d'application mais indispensable à leur mise en œuvre.
Anglais : operating system.

TÉLÉINFORMATIQUE n.f.
Exploitation automatisée de systèmes informatiques utilisant des réseaux de télécommunications.

TÉLÉMATIQUE n.f.
Ensemble des services de nature ou d'origine informatiques pouvant être fournis à travers un réseau de télécommunications.

TÉLÉTRAITEMENT n.m.
Mode de traitement selon lequel les données sont émises ou reçues par des terminaux éloignés de l'ordinateur.
Anglais : teleprocessing.

TÉLÉTRAITEMENT PAR LOTS n.m.
Télétraitement qui comporte un groupement par lots des programmes à exécuter ou des données à traiter.
Anglais : remote batch teleprocessing.

TEMPS RÉEL n.m.
Mode de traitement qui permet l'admission des données à un instant quelconque et l'obtention immédiate des résultats.
Anglais : real time.

TERMINAL n.m.
Appareil permettant l'accès à distance à un système informatique.
Anglais : terminal.

TIRAGE n.m. ou **FAC-SIM** n.m.
Document graphique résultant du transfert sur un support permanent d'une image présentée sur une visu.
Anglais : hard copy.

TRAITEMENT AUTOMATIQUE DES DONNÉES n.m.
Ensemble des opérations réalisées par des moyens automatiques, relatif à la collecte, l'enregistrement, l'élaboration, la modification, la conservation, la destruction, l'édition de données et d'une façon générale leur exploitation.
Remarque : Dans l'usage courant, l'expression «traitement automatique de l'information» est également employée.
Anglais : A.D.P.

TRAITEMENT PAR LOTS n.m.
Mode de traitement des données suivant lequel les programmes à exécuter ou les données à traiter sont groupées en lots.
Anglais : batch processing.

VISU n.f. **VISUEL** n.m.
Appareil permettant la présentation visuelle et non permanente d'informations.
Anglais : display device.

VISUALISER v.
Inscrire les résultats d'un traitement sur un visuel.
Anglais : to display.



JANVIER 1983

«Entraînement à», une collection de livres

- d'exercices
- d'études de cas
- avec des corrigés développés et actualisés pour s'entraîner efficacement à chacune des épreuves de vos examens

I.S.B.N. 2-85354-022-7

Centre de Librairie et d'Editions Techniques

27, Boulevard de Port-Royal _ 75013 Paris

Prix : 82 F